



Analyse économique

Documents de recherche

Le capital public et sa contribution à la productivité du secteur des entreprises du Canada

par Tarek M. Harchaoui et Faouzi Tarkhani

Nº 017

Statistics Canada Statistique Canada

Canada

SÉRIE DE DOCUMENTS DE RECHERCHE SUR L'ANALYSE ÉCONOMIQUE

La série de documents de recherche sur l'analyse économique permet de faire connaître les travaux de recherche effectués par le personnel du Secteur des études analytiques et des comptes nationaux, les boursiers invités et les universitaires associés. La série de documents de recherche a pour but de favoriser la discussion sur un éventail de sujets tels que les répercussions de la nouvelle économie, les questions de productivité, la rentabilité des entreprises, l'utilisation de la technologie, l'incidence du financement sur la croissance des entreprises, les fonctions de dépréciation, l'utilisation de comptes satellites, les taux d'épargne, le crédit-bail, la dynamique des entreprises, les estimations hédoniques, les tendances en matière de diversification et en matière d'investissements, les différences liées au rendement des petites et des grandes entreprises ou des entreprises nationales et multinationales ainsi que les estimations relatives à la parité du pouvoir d'achat. Les lecteurs de la série sont encouragés à communiquer avec les auteurs pour leur faire part de leurs commentaires, critiques et suggestions.

Les documents sont diffusés principalement au moyen d'Internet. Ils peuvent être téléchargés gratuitement sur Internet, à www.statcan.ca. Les documents faisant partie de la série sont diffusés dans les bureaux régionaux de Statistique Canada et aux coordonnateurs statistiques provinciaux.

Tous les documents de recherche de la Série d'analyse économique, passent à travers un processus d'évaluation des pairs et institutionnel, afin de s'assurer de leur conformité au mandat confié par le gouvernement à Statistique Canada en tant qu'agence statistique et de leur pleine adhésion à des normes de bonne pratique professionnelle, partagées par la majorité.

Les documents de cette série comprennent souvent des résultats issus d'analyses statistiques multivariées ou d'autres techniques statistiques. Il faut l'admettre, les conclusions de ces analyses sont sujettes à des incertitudes dans les estimations énoncées.

Le niveau d'incertitude dépendra de plusieurs facteurs : de la nature de la forme fonctionnelle de l'analyse multivariée utilisée; de la technique économétrique employée; de la pertinence des hypothèses statistiques sous-jacentes au modèle ou à la technique; de la représentativité des variables prises en compte dans l'analyse; et de la précision des données employées. Le processus de la revue des pairs vise à garantir que les articles dans les séries correspondent aux normes établies afin de minimiser les problèmes dans chacun de ces domaines.

Comité de révision des publications
Direction des études analytiques, Statistique Canada
18e étage, Immeuble R.-H. Coats
Ottawa, Ontario, K1A 0T6
(613) 951-1804

Le capital public et sa contribution à la productivité du secteur des entreprises du Canada*

par

Tarek M. Harchaoui†
et
Faouzi Tarkhani

11F0027 N° 017
ISSN : 1703-0412
ISBN : 0-662-75185-X

Division de l'analyse micro-économique
18ième étage, Immeuble R.H. Coats, section F
Ottawa, K1A 0T6
Statistique Canada
Télécopieur (613) 951-3292

†(613) 951-9856
Courriel : harctar@statcan.ca

Novembre 2003

Le nom des auteurs est inscrit selon l'ordre alphabétique.

Les commentaires effectués par John Baldwin et deux évaluateurs anonymes sont appréciés. Les points de vue exprimés dans cette étude peuvent ne pas refléter ceux de Statistique Canada.

Also available in English

---

* Les comptes canadiens de productivité produit un ensemble d'estimations non-paramétriques de la productivité multifactorielle qui concorde avec la meilleure pratique internationale exposée dans le Manuel de la productivité de l'OCDE (OCDE 2001). Toutefois, afin de se tenir au courant des faits nouveaux et de s'assurer le contrôle de la qualité des bases de données utilisées pour produire ces estimations, le groupe de la productivité met à l'essai d'autres méthodes de mesure de la productivité. Ainsi, les estimations dans le présent document sont le résultat d'un examen d'un nouveau domaine dans le cadre duquel on tente de quantifier la contribution du capital public à la croissance de la productivité multifactorielle. Les estimations présentées dans le présent document sont de nature expérimentale et diffèrent des estimations officielles qui se trouvent dans la base de données CANSIM de Statistique Canada.

Table des matières

Résumé

Cette étude quantifie la contribution du capital public à la croissance de la productivité du secteur canadien des entreprises. La méthode élaborée ici intègre les forces exercées par la demande et par l'offre, y compris la contribution du capital public, susceptibles d'influer sur la productivité. Nous estimons le modèle au moyen de données désagrégées couvrant 37 branches d'activité du secteur canadien des entreprises pour la période allant de 1961 à 2000. Les résultats de la présente étude indiquent que les facteurs qui contribuent le plus à la croissance de la productivité, tant au niveau de la branche d'activité qu'au niveau agrégé, sont le progrès technique et la demande exogène (représentant l'effet de la croissance du revenu agrégé et de la population). Selon nos calculs, de 1961 à 2000, la contribution du capital public à la croissance globale de la productivité multifactorielle du secteur des entreprises a été d'environ 18 %. Cette valeur est légèrement inférieure aux chiffres déjà publiés. Toutefois, l'importance de la contribution du capital public à la croissance de la productivité varie considérablement selon la branche d'activité et se concrétise surtout dans les transports, le commerce et les services d'utilité publique.

Mots clés : capital public, productivité, infrastructure, externalités.

Sommaire

Le présent document vise principalement à examiner la contribution du capital public à la croissance économique et à la croissance de la productivité du secteur canadien des entreprises et de ses 37 branches d'activité au cours de la période de 1961 à 2000. Le capital public est défini comme la composante des travaux d'ingénierie du stock de capital des administrations publiques (fédérales, provinciales et territoriales et locales). Il inclut les systèmes de transport tels les lignes de métro et les autoroutes, les transports en commun et les réseaux de distribution d'eau et d'épuration des eaux usées. L'étude fournit des preuves empiriques des effets positifs du capital public sur les coûts de production du secteur des entreprises. En outre, nous évaluons les répercussions de l'investissement de capital sur la demande de travail, de capital et des intrants intermédiaires, nous estimons les bénéfices marginaux du capital public et nous déterminons la contribution du capital public ainsi que d'autres facteurs économiques au taux de croissance de la productivité dans le secteur des entreprises du Canada.

Dans la présente étude, nous examinons en détail à trois ensembles de questions :

1. Quels sont les effets du capital public sur les coûts de production, le niveau de production et la demande de travail, de capital et de biens intermédiaires du secteur des entreprises?

   L'une des principales conclusions de la présente étude est qu'une augmentation des services du capital public a un effet initial direct sur la productivité qui consiste à réduire le coût total pour un niveau donné de production dans presque toutes les branches d'activité. L'ampleur de cet « effet de productivité » du capital public, qui se traduit par une réduction du coût, varie d'une branche d'activité à l'autre. L'importance de cet effet sur chacune des 37 branches d'activité du secteur canadien des entreprises est indiquée par la mesure de « l'élasticité du coût ».

   L'élasticité du coût indique la variation en pourcentage du coût privé total de production d'un niveau de production donné qui est associé à une variation de 1 % de la valeur des services du capital public. Elle est dérivée de l'estimation économétrique de la fonction de coût de la branche d'activité en prenant la première dérivée partielle de la fonction totale de coût par rapport au capital public. Un signe négatif indique qu'une augmentation du capital public entraîne une réduction du coût total. Les réductions des coûts sont relativement importantes dans des branches d'activité telles que les transports (-0,15), le commerce de gros (-0,12), les autres services d'utilité publique (-0,09) et le commerce de détail (-0,12). Les élasticités de coût varient de -0,002 à -0,06 dans le secteur de la fabrication et de -0,001 à -0,05 dans le secteur primaire.

   Pour obtenir une estimation au niveau du secteur des entreprises de l'effet de l'investissement public sur le plan de la réduction des coûts, nous pondérons les mesures de l'élasticité du coût de la branche d'activité par la part de la branche de la production brute nominale du secteur des entreprises et nous les additionnons. L'élasticité moyenne du coût par rapport au capital public pour le secteur canadien des entreprises durant la période de 1961 à 2000 est d'environ -0,062.

L'impact économique du capital public sur les diverses branches d'activité ne se limite pas à l'effet de productivité direct. Les réductions des coûts permettent de vendre les produits à des prix plus faibles et les prix plus faibles entraîneront vraisemblablement une croissance de la production. C'est ce qu'on appelle « l'effet sur la production » du capital public. La taille de l'expansion de la production de la branche d'activité dépend de la nature de la demande de produits et, par conséquent, varie d'une branche d'activité à l'autre. Bien entendu, aux niveaux de production plus élevés, les coûts totaux de production augmentent en raison du travail, du capital et des intrants intermédiaires supplémentaires requis pour la production supplémentaire. L'une des constatations empiriques importantes de la présente étude est que les coûts de production totaux plus élevés associés à l'effet d'expansion de la production sont « financés » presque entièrement par la réduction des coûts de productivité associés au capital public.

Étant donné son effet sur le plan de la réduction du coût et de l'expansion de la production, il n'est pas étonnant que le capital public ait un effet important sur la demande de travail, de capital et des intrants intermédiaires du secteur des entreprises. L'importance de l'effet, appelé « demande conditionnelle d'intrant », varie selon les trois intrants (travail, capital et intrants intermédiaires) d'une branche d'activité à l'autre et selon que nous examinons la demande de ressource de la branche d'activité dans le contexte du seul « effet de productivité » (c.-à-d. lorsque le niveau de production est maintenu constant) ou après correction pour tenir compte de « l'effet sur la production » (c.-à-d. lorsqu'on permet au niveau de production d'augmenter en réponse aux effets de réduction des coûts et du prix du capital public).

Nous constatons que l'effet initial d'une augmentation du capital public sur la productivité consiste à réduire la demande totale de travail et des intrants intermédiaires mais à augmenter la demande de capital privé dans toutes les branches d'activité.

Nous évaluons également l'évolution de la demande de travail, de capital et des intrants intermédiaires du secteur de la production lorsque les niveaux de production des branches d'activité varient (augmentent) due à « l'effet sur la production » du capital public. La direction des effets sur la demande de travail, de capital et des intrants intermédiaires des entreprises lorsqu'on tient compte de l'effet sur la production est la même que lorsqu'on tient compte seulement de l'effet de productivité (c.-à-d. qu'une augmentation du capital public entraîne une réduction de la demande de travail et des intrants intermédiaires, mais une augmentation de la demande de capital privé). Toutefois, lorsqu'on prend en compte l'expansion de la production des branches d'activité, la variation de la demande de travail et des intrants intermédiaires est nettement plus faible tandis que la demande de capital privé augmente de façon significative. Ainsi, l'effet sur la production du capital public suscite un « phénomène d'attraction » encore plus important de capital privé.

De façon générale, nous pouvons conclure que les effets sur la productivité et la production du capital public modifie sensiblement les rapports entre les intrants de la fonction production dans toutes les branches d'activité, signale la contribution importante des dépenses publiques en capital aux expansions économiques attribuables surtout à l'investissement et laisse supposer que le capital public et le capital privé sont complémentaires.

2. Quels sont les bénéfices marginaux d'une augmentation du capital public pour des branches d'activité particulières et l'ensemble du secteur des entreprises?

Nous exprimons le bénéfice marginal lié au capital public en fonction de son effet initial de réduction des coûts (c.-à-d. l'effet de productivité). L'importance de la réduction des coûts dépend de l'élasticité des coûts de la branche d'activité par rapport au capital public et des coûts totaux de production de la branche d'activité comparativement à la taille du stock de capital public. Cette étude montre que les bénéfices marginaux du capital public sont positifs pour toutes les branches d'activité et se situent à l'intérieur d'intervalles de confiance raisonnablement étroits. On peut interpréter les estimations des bénéfices marginaux comme une mesure de la « volonté de payer » des producteurs pour une unité supplémentaire de capital public et ceux-ci varient considérablement d'une branche d'activité à l'autre et au fil du temps. Dans le cas des branches d'activité telles que la construction, les transports, le commerce de gros, le commerce de détail, les communications et les autres services d'utilité publique, les bénéfices marginaux d'une augmentation de 1,00 $ de la valeur du capital public varient entre 19 cents et 42 cents. Les estimations du bénéfice marginal pour une branche d'activité peuvent être converties en valeur monétaire de la réduction des coûts de la branche d'activité pour un montant donné de dépenses publiques en capital. Le moyen le plus simple est de multiplier la mesure du bénéfice marginal pour la branche d'activité par l'augmentation nette du capital public pour une année ou période particulière.

Le calcul du bénéfice marginal du capital public au niveau du secteur des entreprises suppose que l'utilisation du capital public par une branche d'activité n'empêche pas son utilisation, ou ne réduit pas la valeur de son utilisation, par toute autre branche d'activité (autrement dit, nous supposons que le bien public est consommé sans 'rivalité'). Par conséquent, on peut additionner les bénéfices marginaux calculés pour les 37 branches d'activité étudiées. La somme pondérée des avantages marginaux sur l'ensemble des branches d'activité est de l'ordre de 0,17. Donc, une augmentation de 1,00 $ de la valeur nette du stock de capital permet aux producteurs de réaliser en moyenne une « économie » de 17 cents par année pour le secteur des entreprises. En supposant que l'amortissement imputé sur les dépenses publiques lors des périodes subséquentes suffit à maintenir la valeur nette du stock de capital, on peut supposer que les bénéfices se maintiendront au cours de la vie prévue de l'augmentation du capital public.

3. Quelle est la contribution du capital public à la croissance de la productivité?

   La contribution du capital public à la croissance de la productivité est positive pour toutes les branches d'activité. Elle témoigne de l'effet profond du capital public sur la croissance de la productivité des branches d'activité, mais son importance varie selon la branche. Dans certaines branches d'activité, comme le commerce de gros, l'effet est assez important. Au niveau agrégé, la contribution du capital public à la croissance de la productivité multifactorielle représente environ 18 %, ce qui confirme la conclusion de notre étude antérieure selon laquelle les facteurs principaux de la croissance de la productivité au niveau tant de la branche d'activité que du secteur des entreprises dans son ensemble sont le progrès technique et la demande exogène (représentant l'effet de la croissance du revenu agrégé et de la population). La contribution du capital public demeure néanmoins non négligeable.

I. Introduction

Les systèmes de transport, comme les routes, les autoroutes, les chemins de fer, les ports, les ponts et les aéroports de même que les rues, les réseaux de distribution d'eau et d'épuration des eaux usées et les barrages sont des actifs publics qui sont reconnus depuis longtemps comme partie intégrante et importante de la mesure de la richesse des nations. Toutefois, ce n'est que dernièrement que les économistes ont entrepris de quantifier l'effet du capital public sur la croissance économique et la productivité. Par exemple, une autoroute bien construite permet à un chauffeur de camions d'éviter les routes de campagne et de transporter ses marchandises jusqu'au marché en moins de temps. Le gain de temps signifie que le coût subi par le producteur est plus faible et que l'usure du camion est moins importante. Donc, l'investissement public dans une autoroute permet aux entreprises privées de fabriquer leurs produits à un coût total plus faible. Bien entendu, l'état de l'autoroute est tout aussi important que son existence. Des scénarios comparables peuvent être évoqués pour le transport en commun, les réseaux de distribution d'eau et d'épuration des eaux usées, et d'autres éléments du capital public[1].

Même si la première tentative d'examiner empiriquement l'importance du capital public dans une fonction de production agrégée remonte à Ratner (1983), ce n'est qu'avec la publication de l'étude d'Aschauer (1989) qu'un vif débat s'est amorcé sur la question parmi les économistes. Aschauer a conclu dans son étude « *qu'il y a lieu d'attribuer un poids considérable aux décisions en matière d'investissement public lorsqu'on évalue le rôle du gouvernement dans la croissance économique et l'amélioration de la productivité* » (p. 197).

À la suite de l'étude d'Aschauer, de nombreux auteurs ont publié les résultats d'études empiriques portant principalement sur l'économie des États-Unis[2]. Malgré son importance dans le débat sur l'orientation des politiques, le rôle joué par le capital public dans la croissance de la productivité du secteur privé n'a pas fait l'objet de nombreuses publications au Canada (Wylie 1996 et Harchaoui 1997 sont les quelques exceptions)[3]. Étant donné les méthodologies

---

[1] Pour une analyse des tendances de l'infrastructure publique au Canada, voir Harchaoui *et al.* (2003).

[2] Il existe deux moyens distincts d'examiner la contribution du capital public à la productivité. La première vague d'études empiriques réalisées dans ce domaine, fondées sur l'estimation d'une fonction de production de Cobb-Douglas à l'aide de données chronologiques, est qualifiée d'approche « primale ». Les résultats obtenus selon cette méthode surestiment l'importance des effets du capital public sur la croissance de la production et de la productivité. Comme les chiffres produits par la méthode « primale » étaient « trop élevés pour être crédibles », les chercheurs ont utilisé subséquemment la structure de production de l'entreprise pour modéliser les décisions concernant les intrants privés, le capital public et la production dans un cadre de minimisation des coûts, soit un cadre « dual » ou double. Les quelques études fondées sur l'approche « dual » ou double pour analyser l'effet du capital public sur la croissance de la production et de la productivité ont fourni des estimations plus raisonnables. Ces études comprennent celles de Morrison et Schwartz (1996), Nadiri et Mamuneas (1994a, b), Lynde et Richmond (1992) et Deno (1988) qui ont étudié l'effet du capital public sur la structure des coûts des diverses branches d'activité américaines. Lynde et Richmond (1993), Berndt et Hansson (1992), Shah (1992) et Conrad et Seitz (1994) ont procédé à des études comparables pour d'autres pays. Demetriades et Mamuneas (2000) ont examiné l'importance du capital public dans la structure de production des pays membres de l'OCDE. Dans le présent document, nous suivons l'approche duale de façon comparable à Nadiri et Mamuneas (1994b).

[3] L'approche de Wylie est basée sur une fonction de production alors que celle de Harchaoui utilise le cadre de la minimisation des coûts. Cette dernière étude impose l'hypothèse de rendements constants sur la structure de la technologie mais présente une plus grande couverture des branches d'activité et une subdivision du capital public par niveau de juridiction — fédéral, provincial et local.

différentes utilisées pour ces études, toutefois, les résultats ne sont pas facilement comparables, de sorte qu'il est difficile de se faire une idée définitive du rôle du capital public dans l'économie canadienne. Par conséquent, il y a tout lieu d'examiner les effets du capital public dans un cadre unifié en utilisant de nouvelles techniques de modélisation et un ensemble complet de données sur les branches d'activité pour répondre aux questions stratégiques suivantes :

1. quel est l'effet du capital public sur le total des coûts du secteur privé et sur la demande de travail, de capital et des intrants intermédiaires;
2. quels sont les bénéfices marginaux d'une augmentation du capital public sur des branches d'activité particulières;
3. quelle est la contribution du capital public à la croissance de la productivité.

Le cadre analytique utilisé dans cette étude considère :

1. l'effet de la demande agrégée sur le comportement productif des branches d'activité individuelles, c'est-à-dire l'effet de la variation du revenu agrégé et de la population sur la demande de la branche d'activité. Celle-ci, à son tour, influe sur la croissance de la production et de la productivité de la branche d'activité;
2. la contribution de la variation des prix réels des facteurs, y compris les salaires et le prix de location du capital, à la croissance de la productivité;
3. l'effet du capital public fédéral et non fédéral sur la demande de travail, des intrants intermédiaires et du capital du secteur privé;
4. les bénéfices marginaux du capital public pour diverses branches d'activité et leur contribution à la croissance de la production et de la productivité.

La présentation de l'article est la suivante. À la section II, nous définissons le cadre analytique général de notre étude, en précisant les fonctions de demande et de coût pour les diverses branches d'activité. La structure analytique nous permet d'estimer les paramètres structurels des fonctions de demande et de coût de chaque branche d'activité et nous fournit un cadre pour la décomposition de la croissance de la productivité multifactorielle en plusieurs composantes, y compris la contribution du capital public. Cette méthode nous permet de préciser les effets de la croissance de la production agrégée (PIB), de la croissance de la population, de la variation des prix réels des facteurs, du progrès technique et du capital public sur la croissance de la productivité multifactorielle dans chaque branche d'activité.

Nous décrivons aussi brièvement à la section II les sources de données, certaines statistiques descriptives et la construction des variables utilisées pour estimer le modèle. Les données principales sont des séries chronologiques, transversales, des prix et des quantités de produits et des intrants pour 37 branches d'activité pour lesquelles nous considérons que la production est bien mesurée, couvrant la période de 1961 à 2000. Collectivement, ces branches d'activité représentent 71 % du secteur des entreprises du Canada et constituent une base pour l'estimation de la contribution de divers facteurs à la croissance de la production et de la productivité pour l'ensemble du secteur des entreprises. Sont également incluses des données sur le stock de

capital et certaines séries chronologiques agrégées, telles que les estimations du PIB, de la population et du dégonfleur du PIB pour la période de référence.

À la section III, nous discutons de la méthode d'estimation des fonctions de demande et de coût et des concepts principaux, en nous basant sur l'estimation des paramètres du modèle économétrique pour calculer les caractéristiques de la structure de production de la branche d'activité, les effets marginaux du capital public et la décomposition de la croissance de la productivité multifactorielle. Nous présentons aussi les résultats des tests de sensibilité visant à déterminer la stabilité du modèle économétrique. Enfin, nous examinons spécifiquement les critiques concernant les modèles économétriques à séries chronologiques conçus pour quantifier la contribution du capital public à la croissance économique et à la productivité.

À la section IV, nous présentons les estimations empiriques de l'effet du capital public sur les coûts de production et sur la demande des intrants au niveau de la branche d'activité, lorsque le niveau de production est supposé constant. Nous présentons aussi les estimations de l'effet d'une augmentation du capital public sur la demande de l'intrant, comme le travail, le capital et les intrants intermédiaires. Puis, nous présentons les estimations de l'effet de l'expansion de la production induite par une augmentation du capital public et nous calculons l'effet total d'une augmentation de l'investissement public sur les prix et sur la demande, au niveau de la branche d'activité, de travail, des intrants intermédiaires et de capital, lorsqu'on permet au niveau de production de varier. Nous fournissons aussi des estimations des bénéfices marginaux d'une variation du niveau de capital public pour chaque branche d'activité ainsi que leur fiabilité. Enfin, nous examinons les résultats de la ventilation de la croissance de la productivité multifactorielle en ses diverses composantes, y compris le capital public, selon la branche d'activité.

À la section V, nous fournissons des mesures de la contribution du stock de capital public à la croissance de la production et de la productivité du secteur des entreprises dans son ensemble, en agrégeant les estimations calculées selon la branche d'activité. Nous discutons aussi de la décomposition de la croissance de la productivité multifactorielle au niveau du secteur des entreprises. Comme les résultats ayant trait aux années récentes présentent un intérêt pour les responsables de l'élaboration des politiques, nous discutons très brièvement de la contribution du capital public, au cours de la dernière décennie (c.-à-d. de 1988 à 2000), à la croissance de la production, du nombre d'heures travaillées, de la formation de capital et de la productivité. Les résultats sont fondés sur les estimations des paramètres du modèle de base. À la section V, nous présentons un bref résumé, nos conclusions et une annexe mathématique.

II. Cadre analytique

1. Paramètres

La méthode de base employée dans la présente étude comprend l'estimation des fonctions de demande et de coût des branches d'activité. Cette méthode, qui s'inspire de Nadiri et Mamuneas (1994b), consiste à préciser la contribution de la demande de production, des prix relatifs des intrants, du progrès technique et du capital financé par l'état à la croissance de la

productivité multifactorielle. L'analyse de la contribution relative de ces composantes dans un cadre unifié permet de répondre plus facilement aux questions de principe concernant la portée et l'importance de l'effet du capital public sur la productivité.

À partir des estimations de ces paramètres des branches d'activité, nous déduisons les estimations correspondantes pour le secteur agrégé des entreprises. Nous évaluons séparément les équations de demande et de coût, puis nous utilisons les paramètres estimés de ces équations pour décomposer la croissance de la productivité multifactorielle et pour calculer les bénéfices marginaux du capital public pour chaque branche d'activité.

La décomposition de la croissance de la productivité multifactorielle requière fondamentalement, l'estimation des élasticités de la demande par rapport aux prix et au revenu, que l'on obtient en estimant la fonction de demande des produits, ainsi que le degré de rendement d'échelle et de substitution des intrants, que l'on détermine en estimant la fonction de coût. Les estimations des bénéfices marginaux, de l'effet du capital public sur la demande de travail, de capital privé et des intrants intermédiaires sont fondées sur l'estimation du modèle pour les 37 branches d'activité pour la période de référence, de 1961 à 2000.

1.1 La fonction de coût

Nous écrivons la fonction de coût pour la *iième* branche d'activité sous la forme $C_i(w_i, Y, t; G)$, où C_i est une fonction de coût normalisée deux fois continûment differentiable, w_i est un vecteur à $n-1$ dimensions des prix relatifs des facteurs variables, Y est la quantité de production, t est un indice de temps représentant le progrès technique non incorporé et G représente les services du capital public, c'est-à-dire un intrant quasiment constant.

Les services du capital public influent sur la structure de coût d'une branche d'activité de plusieurs façons. En premier lieu, une augmentation de la quantité (ou une amélioration de la qualité) des services du capital public fait baisser le coût unitaire des produits de la branche d'activité. Nous qualifions cette baisse d'« effet de productivité ». En deuxième lieu, les entreprises rajustent leur demande de travail et d'intrants intermédiaires, et leur stock de capital si les services du capital public sont des substituts ou des compléments des intrants privés. Autrement dit, les services du capital ne peuvent avoir un effet neutre sur les décisions du secteur privé visant la demande de l'intrant. Nous parlons ici d'« effet de demande de l'intrant ». En troisième lieu, la réduction des coûts induite par l'augmentation du capital public peut mener à une réduction du prix de production qui, à son tour, peut causer une augmentation de la demande pour cette production. Nous appelons ce phénomène « effet d'expansion de la production ». Cet effet d'expansion de la production est un effet indirect de l'investissement public. L'augmentation du capital entraîne une augmentation de la production qui, à son tour, entraîne une augmentation de la demande de travail, d'intrants intermédiaires et de capital privés. L'effet net du capital public sur le coût total et sur sa structure correspondra à la combinaison des effets de productivité, de demande de l'intrant et d'expansion de la production.

Nous supposons que la technologie utilisée par la branche d'activité est représentée par une fonction du coût translog de la forme suivante :

$$\begin{aligned}
\ell n\tilde{C} &= \alpha_o + \alpha_K \ell n\tilde{w}_K + \alpha_L \ell n\tilde{w}_L + \alpha_Y \ell nY + \alpha_G \ell nG + \alpha_t t \\
&+ \tfrac{1}{2}\left[\alpha_{KK} \left(\ell n\tilde{w}_K\right)^2 + \alpha_{LL} \left(\ell n\tilde{w}_L\right)^2 + \alpha_{YY} \left(\ell nY\right)^2 + \alpha_{GG} \left(\ell nG\right)^2 + \alpha_{tt} t^2 \right] \\
&+ \alpha_{KL} \ell n\tilde{w}_K \ell n\tilde{w}_L + \alpha_{KY} \ell n\tilde{w}_K \ell nY + \alpha_{KG} \ell n\tilde{w}_K \ell nG + \alpha_{Kt} \ell n\tilde{w}_K t \\
&+ \alpha_{LY} \ell n\tilde{w}_L \ell nY + \alpha_{LG} \ell n\tilde{w}_L \ell nG + \alpha_{Lt} \ell n\tilde{w}_L t + \alpha_{YG} \ell nY \ell nG + \alpha_{Yt} \ell nYt \\
&+ \alpha_{Gt} \ell nGt,
\end{aligned} \tag{1}$$

et par les équations des parts

$$\begin{aligned}
S_K &= \alpha_K + \alpha_{KK} \ell n\tilde{w}_K + \alpha_{YK} \ell nY + \alpha_{KL} \ell n\tilde{w}_K + \alpha_{KG} \ell nG + \alpha_{Kt} t \\
S_L &= \alpha_L + \alpha_{KL} \ell n\tilde{w}_K + \alpha_{YL} \ell nY + \alpha_{LL} \ell n\tilde{w}_L + \alpha_{LG} \ell nG + \alpha_{Lt} t,
\end{aligned} \tag{2}$$

où $\tilde{C}$ représente le coût total, normalisé selon le prix des intrants intermédiaires, w_M. $\tilde{w}_K \left(= \frac{q_K}{w_M}\right)$ et $\tilde{w}_L \left(= \frac{w_L}{w_M}\right)$ sont les prix relatifs du capital et du travail, respectivement. Le coût de production est donné par $C = q_K K + w_L L + w_M M$, où $q_K \left[= \left(\frac{1-u-z\theta}{1-u}\right) w_K \left(r + \delta - \frac{\dot{w}_K}{w_K}\right) + \tau \right]$ représente le prix de location du capital. w_K représente le prix d'acquisition du capital, r est le taux (externe) d'intérêt, δ est le taux de dépréciation et $\frac{\dot{w}_K}{w_K}$ est la variation du prix du capital, $\frac{1-u-\theta z}{1-u}$ est le prix fiscal (u est le taux d'impôt des sociétés, z est la valeur actualisée de l'amortissement, θ est le taux de crédit d'impôt à l'investissement, τ est le taux d'impôt foncier). Y représente le niveau de production, G, le niveau de capital public, et t un indice du progrès technique. Enfin, S_K et S_L représentent les parts en termes de coûts du travail et du capital.

Comme nous l'avons mentionné plus haut, G représente le stock de capital public. Il s'agit d'un bien public et, par conséquent, aucun prix du marché ne peut être attribué aux services qu'il fournit. Cependant, il est possible de calculer leur prix fictif, ou la disposition à payer pour ces services, comme étant la réduction des coûts privés de production associée à G. Le bénéfice marginal dû au capital public correspond à $-\frac{\partial \tilde{C}}{\partial G}$, ce qui signifie que l'ajout d'une unité de capital public ∂G entraîne une réduction de coût $\partial \tilde{C}$. Par exemple, un meilleur réseau d'autoroutes raccourcit la durée du transport et permet de réduire les dépenses de travail et de carburant, ainsi que d'autres dépenses d'exploitation.

Outre l'effet direct du capital public sur la productivité représenté par $-\frac{\partial \tilde{C}}{\partial G}$, des effets de rajustement de la demande des intrants découlent de la complémentarité ou de la substituabilité des intrants privés (tels que le travail, le capital privé et les intrants intermédiaires) par le capital public. Ces effets peuvent être représentés par $-\frac{\partial X_f}{\partial G}$, où X_f est la quantité de l'intrant (privé) f. Si la valeur de l'expression $-\frac{\partial X_f}{\partial G}$ est supérieure, égale ou inférieure à zéro, alors le capital public a un effet négatif, nul ou positif sur la demande de l'intrant en question.

Enfin, nous pouvons calculer l'effet d'une augmentation du capital privé sur le taux de progrès technique au moyen de l'expression $\frac{\partial \tilde{C}}{\partial t \partial G} = \frac{\left(\frac{\partial \tilde{C}}{\partial t}\right)}{\partial G}$ qui montre que l'utilisation d'une unité supplémentaire de capital public donne lieu à une augmentation de la productivité ou à une diminution des coûts attribuables au progrès technique.

1.2 Estimation de la fonction de demande

Le modèle a été conçu de façon à étudier les effets du capital public sur la croissance de la productivité multifactorielle. La décomposition de cette dernière en diverses composantes nécessite l'estimation de deux ensembles de paramètres : d'une part, l'estimation de l'élasticité du coût par rapport au capital public et à d'autres paramètres de la fonction de coût (1) et, d'autre part, l'estimation des paramètres de la fonction de demande de production qui établit la relation entre la croissance de la demande et la variation du prix de production et du revenu par habitant.

Pour chaque branche d'activité, i, nous spécifions l'équation de la demande sous forme d'une fonction loglinéaire

$$\dot{Y} = \lambda + \alpha\left(\dot{P}_Y - \dot{P}_D\right) + \beta\dot{Z} + (1-\beta)\dot{N}. \tag{3}$$

Nous estimons la fonction de demande en taux de croissance. L'équation (3) représente, pour chaque branche d'activité, la régression du taux de croissance de la production sur une constante, sur le taux de croissance du prix de la production normalisé par le dégonfleur du PIB et sur le taux de croissance du PIB réel par habitant (Z et N représentent, respectivement, le PIB et la population). Donc, la variation des quantités demandées dans une branche d'activité est liée au mouvement des prix dans cette branche d'activité comparativement au dégonfleur du PIB et à la variation du niveau du revenu agrégé et de la population à l'échelle de l'économie.

Nous nous intéressons au calcul de deux des paramètres estimés de la fonction de demande (3). Ces paramètres sont a) l'élasticité-prix de la demande qui est mesurée par le coefficient α ($\alpha = 0$ suggère que la demande est parfaitement inélastique; $\alpha = 1$ suggère que la demande est unitairement élastique et $\alpha > 1$ suggère que la demande est élastique) et b) l'élasticité-revenu par habitant de la demande, qui est mesurée par le coefficient β (même définition que pour α).

1.3 Réduction des coûts, élasticités d'échelle et expansion de la production

D'après les estimations des fonctions de demande et de coût, nous calculons les élasticités importantes de la demande et des coûts nécessaires pour mesurer l'effet du capital public sur la structure des coûts et sur la croissance de la productivité de chaque branche d'activité. Les élasticités importantes sont les suivantes :

$\eta_{\tilde{C}G} = -\left(\frac{\partial \ell n\tilde{C}}{\partial \ell nG}\right)$ représente l'élasticité du coût privé par rapport au capital public;

$\eta = \frac{\partial \ell n\tilde{C}}{\partial \ell nY}$ représente l'élasticité du coût par rapport à la production;

$\eta^* = \dfrac{\eta}{(1-\eta_{\bar{C}G})}$ représente l'élasticité du capital par rapport à la production lorsque tous les intrants, y compris le capital public, sont inclus.

L'augmentation de la production qui résulte de la réduction du coût associée à une augmentation du capital public exprimée en termes d'élasticité est $\eta_{YG} = -\dfrac{\eta_{\bar{C}G}}{\eta}$; c'est-à-dire l'élasticité du coût par rapport au capital public multipliée par le degré de rendement interne d'échelle estimé pour chaque branche d'activité[4].

1.4 Décomposition de la croissance de la productivité multifactorielle

Nous pouvons décomposer la croissance de la productivité multifactorielle, $P\dot{M}F$, comme suit (voir l'annexe) :

$$\begin{aligned} P\dot{M}F &= A[\alpha\dot{\eta} + \alpha(1+\theta)] + A\alpha\left[\sum_f (\hat{\pi}_f \dot{w}_f - \dot{P}_D)\right] + A[\lambda + \beta\dot{Z} + (1-\beta)\dot{N}] \\ &+ \left(A\alpha - \frac{1}{\kappa B}\right)\eta_{CG}\dot{G} + \left(A\alpha - \frac{1}{\kappa B}\right)\dot{T}, \end{aligned} \tag{4}$$

où
$$A = \frac{\left(\frac{\kappa - \eta^*}{\kappa}\right)}{[1-\alpha(\eta-1)]}.$$

Nous obtenons les estimations des paramètres pertinents d'après les estimations des fonctions de demande et de coût de la branche d'activité. La définition des paramètres de l'équation (4) est la suivante : α représente l'élasticité de la demande par rapport à la production, β est

---

[4] Dans les conditions de minimisation des coûts, le Lagrangien est donné par

$$L(w,Y,G,t,\varphi) = C(w,Y,G,t) - \varphi[F(K,G,L) - Y],$$

où φ est le multiplicateur de Lagrange. Si nous appliquons le théorème de l'enveloppe, nous avons

$$\frac{\partial L}{\partial G} = \frac{\partial C}{\partial G} - \varphi\frac{\partial F}{\partial G} = 0,$$

et

$$\frac{\partial L}{\partial Y} = \frac{\partial C}{\partial Y} - \varphi = 0.$$

L'introduction de la deuxième condition par substitution dans la première et la multiplication du résultat par $\frac{G}{Y}$ donne la relation entre l'élasticité de la production par rapport au capital public et l'élasticité du coût par rapport au capital public

$$\frac{\partial \ell n Y}{\partial \ell n G} = \frac{-\left(\frac{\partial \ell n C}{\partial \ell n G}\right)}{\frac{\partial \ell n C}{\partial \ell n Y}}.$$

Ce dernier fournit le lien entre la méthode primale et duale de coût. Cette condition peut être utilisée pour réobtenir l'élasticité de la production par rapport au capital public à partir des élasticités du coût par rapport au capital public.

l'élasticité-revenu de la demande de produits, θ est la marge de profit $\left(\frac{P_y - CM}{CM}\right)$, $\dot{Z}$ et $\dot{N}$ sont, respectivement, la croissance du PIB et de la population, $\dot{w}_f$ et $\dot{P}_D$ sont, respectivement, le taux de croissance du prix de l'intrant f de la branche d'activité et du dégonfleur des prix du PIB. $\dot{\eta}$ est la variation du degré de rendement d'échelle, κ est le ratio du prix de production P_y au coût moyen $\frac{\tilde{C}}{Y}$, $\hat{\pi}_f = \frac{w_f X_f}{\sum_f w_f X_f}$ est la part en termes du coût privé, C, du *fième* intrant, $\eta_{\tilde{C}G}$ représente les élasticités du coût par rapport au capital public, $B = 1 - \eta_{\tilde{C}G}$, $\dot{G}$ est la variation du capital public et $\dot{T}$ est la variation du niveau de technologie.

Nadiri et Mamuneas (1994b) ont fourni l'interprétation heuristique suivante des diverses composantes de (4) :

(i) l'effet de la demande exogène, $A\left[\lambda + \beta\dot{Z} + (1-\beta)\dot{N}\right]$;

(ii) l'effet des prix des facteurs, $A\alpha\left[\sum_f\left(\hat{\pi}_f \dot{w}_f - \dot{P}_D\right)\right]$;

(iii) l'effet du capital public, $\left(A\alpha - \frac{1}{\kappa B}\right)\eta_{\tilde{C}G}\dot{G}$; et

(iv) le progrès technique non incorporé $\left(A\alpha - \frac{1}{\kappa B}\right)\dot{T}$.

Les estimations des paramètres des fonctions de coût (1) et de demande (3) sont essentielles à la décomposition de la croissance de la productivité multifactorielle. Plus précisément, α et β, c'est-à-dire les élasticités-prix et revenu de la demande, η et $\eta_{\tilde{C}G}$, l'élasticité du coût de la production et l'élasticité du coût par rapport à une augmentation du capital public G, jouent un rôle crucial dans cette décomposition.

L'effet du capital public peut lui-même être décomposé en effets direct et indirect. Ainsi, l'effet direct du capital public G est donné par $\left(\frac{\eta_{\tilde{C}G}}{\kappa\beta}\right)\dot{G}$, tandis que l'effet indirect est donné par $A\alpha\eta_{\tilde{C}G}\dot{G}$. Donc, un accroissement du capital public augmente dans un premier temps la productivité multifactorielle en réduisant le coût privé de production, réduction qui, à son tour, fait baisser le prix de production et augmenter la croissance de la production. Enfin, la variation de la croissance de la production entraîne la variation de la croissance de la productivité multifactorielle.

Dans l'équation (4), les paramètres importants sont les élasticités-prix et revenu de la demande et les élasticités-coût de la fonction de coût du secteur privé. Notons que, si la fonction de demande est absolument inélastique $(\alpha = 0)$, les déplacements de la courbe de coût dus à la variation des prix réels des facteurs, au capital public ou au progrès technique non incorporé n'ont aucun effet sur la production, donc aucun effet indirect sur la productivité multifactorielle. En outre, si la

technologie est caractérisée par des rendements d'échelle constants en ce qui a trait à tous les intrants, y compris le capital public (c.-à-d. $\eta^* = \kappa = 1$), alors l'équation (4) se réduit à :

$$P\dot{M}F = -\frac{1}{\beta}\left(\eta_{\tilde{C}G}\dot{G} - \dot{T}\right). \quad (5)$$

2. *Construction des données, prix et structure des coûts au niveau de la branche d'activité*

Nous estimons le modèle décrit en détail dans la section précédente à l'aide de données à deux chiffres de la Classification type des industries pour 37 branches d'activité du secteur des entreprises du Canada pour la période allant de 1961 à 2000.

L'ensemble de données que nous utilisons est extrait de trois sources. Une partie des données provient de la base de données KLEMS des comptes canadiens de la productivité qui contient des renseignements sur la valeur de la production brute et sur les coûts de la main-d'œuvre, des services du capital et des intrants intermédiaires, ainsi que sur les prix et quantités correspondants pour toutes les branches d'activité. La deuxième partie est constituée de données sur le capital public et la troisième, de séries agrégées sur la population et sur les prix implicites du PIB. Une brève description de l'ensemble de données s'impose. La base de données KLEMS fournit le nombre d'heures travaillées selon la branche d'activité. Nous nous sommes servis de données provenant d'enquêtes auprès des ménages pour ventiler le nombre total d'heures travaillées entre diverses catégories de travailleurs, classifiés en fonction de variables démographiques, comme le sexe, l'âge et le niveau d'études. En postulant que les travailleurs sont rémunérés proportionnellement à la valeur de leur produit marginal, Gu et coll. (2003) ont calculé l'intrant du facteur travail sous forme de somme pondérée du nombre d'heures travaillées par les diverses catégories de travailleurs en choisissant comme coefficient de pondération le taux relatif de rémunération. Pour le secteur des entreprises dans son ensemble, de 1961 à 2000, la croissance annuelle moyenne de l'intrant travail a été de 2,1 %; le nombre d'heures travaillées a augmenté au taux moyen de 1,3 % par année et la composition du travail a augmenté, en moyenne, de 0,8 %.

Harchaoui et Tarkhani (2003) estiment également l'intrant capital, corrigé pour tenir compte des variations de composition. Pour procéder à cet ajustement, l'information sur le prix de location de 19 catégories de capital. Comme ce prix de location ne peut être observé de façon directe, ils déterminent la rémunération totale du capital sous la forme de rémunération de propriété, c'est-à-dire le résidu après que tous les autres intrants aient été payés. Au moyen de ces données, ils calculent les taux implicites de location pour chaque catégorie de capital d'après l'information sur le stock et les taux de dépréciation pour chaque catégorie d'actif, et des paramètres fiscaux, tels que le taux d'impôt des sociétés et les crédits d'impôt à l'investissement. Pour la période de 1961 à 2000, la composition du capital a augmenté au taux moyen de 1,70 %.

Les données sur le stock net de capital public proviennent de la Division de l'investissement et du stock de capital de Statistique Canada. Dans le présent article, la valeur agrégée du stock de capital public correspond à un indice en chaîne de Fisher des travaux d'ingénierie, des administrations fédérales, provinciales et locales.

Nous présentons certaines statistiques descriptives sur le coût et les prix pour les 37 branches d'activité couvertes par nos données. Au tableau 1, nous donnons les niveaux moyens du coût total et les taux annuels moyens de croissance de la production réelle, des prix des intrants réels et des parts des coûts pour la période allant de 1961 à 2000 pour les 37 branches d'activité.

Comme le montrent clairement les statistiques descriptives, la taille des branches d'activité, mesurée en se basant sur le coût total ou sur la production brute nominale, varie considérablement. Les branches du commerce, de la construction, du matériel de transport, des aliments et du transport comptent parmi les plus importantes du secteur des entreprises définies dans le présent article[5]. D'autres branches d'activité, comme celles des mines, du tabac, du meuble et des articles d'ameublement, et du cuir et des produits connexes sont d'assez petite taille.

En outre, les parts du coût des intrants varient considérablement parmi les 37 branches d'activité. Par exemple, la part de la rémunération du travail en terme de coût varie d'une valeur aussi faible que 0,07 pour la branche du pétrole brut et du gaz naturel à une valeur aussi élevée que 0,56 pour le commerce de détail. La part de rémunération du capital en terme de coût varie aussi considérablement selon la branche d'activité, allant de 0,07 pour la construction à 0,74 pour le pétrole brut et le gaz naturel. En général, à quelques exceptions près — principalement pour les branches des mines, du pétrole brut et du gaz naturel, des carrières et sablières, du transport par pipeline, des autres services publics, des boissons, du tabac, de la pêche et piégeage — la part de la rémunération du capital en terme de coût est inférieure à celle de la rémunération du travail. Par ailleurs, les intrants intermédiaires représentent la part la plus importante du coût total pour la plupart des branches d'activité, variant de 0,18 pour le transport par pipeline à 0,90 pour les produits raffinés du pétrole et du charbon.

---

[5] Rappelons que nous n'avons retenu que les branches d'activité pour lesquelles la production réelle est mesurée de façon raisonnablement exacte. Ont été exclues les branches des intermédiaires financiers et de l'immobilier, des assurances, des services de divertissements et loisirs, des services d'hébergement et de restauration, des services de soins de santé et des services sociaux, des services aux entreprises, des services personnels et domestiques, et des services d'enseignement.

Tableau 1 — Statistiques descriptives (1961-2000)

	C	S_K	S_L	S_M	$\dot{K}$	$\dot{L}$	$\dot{M}$	$\dot{Y}$	$\dot{w}_K$	$\dot{w}_L$	$\dot{w}_M$	$\dot{P}_Y$
Agricoles et de services connexes	16,9	0,22	0,27	0,51	0,9	-1,38	4,52	3,35	9,52	6,41	4,17	3,91
Pêche et piégeage	0,9	0,39	0,25	0,36	0,7	0,02	5,18	1,70	6,46	7,68	5,04	6,79
Exploitation forestière et services forestiers	5,0	0,14	0,37	0,50	0,3	-0,86	4,12	2,68	8,32	7,61	4,95	5,33
Mines	7,6	0,40	0,25	0,35	2,1	-0,64	3,92	2,45	2,88	7,21	4,69	4,28
Pétrole brut et du gaz naturel	12,9	0,74	0,07	0,19	3,4	5,57	9,04	4,67	9,39	7,42	5,35	6,65
Carrières et sablières	0,7	0,32	0,27	0,41	1,8	-0,15	3,21	3,18	3,98	7,96	4,94	4,18
Services reliés à l'extraction des minéraux	2,4	0,21	0,32	0,47	5,1	5,02	5,64	5,39	4,24	6,67	4,87	5,16
Aliments	23,9	0,10	0,15	0,75	2,4	-0,06	2,29	2,19	6,84	6,70	4,55	4,70
Boissons	3,5	0,27	0,22	0,51	0,8	-0,71	2,99	2,36	7,25	7,23	4,67	4,64
Tabac	1,3	0,22	0,15	0,63	0,9	-3,08	0,68	0,27	9,03	9,12	4,69	5,72
Produits en caoutchouc	1,9	0,11	0,31	0,58	2,5	1,26	4,12	4,60	7,37	6,62	4,11	3,46
Produits en matière plastique	3,1	0,13	0,25	0,62	5,2	5,01	8,10	8,60	11,47	6,66	3,95	3,68
Cuir et des produits connexes	0,8	0,08	0,33	0,58	0,2	-3,20	-1,32	-1,33	4,62	6,14	4,74	4,54
Textiles de première transformation	2,1	0,13	0,25	0,63	1,2	-2,69	1,76	2,27	6,33	7,27	3,27	2,72
Produits textiles	1,8	0,11	0,26	0,63	2,8	0,82	3,79	4,14	7,86	6,43	3,57	3,33
Habillement	4,0	0,09	0,33	0,58	2,2	-0,97	1,80	1,81	6,70	6,13	3,53	3,75
Bois	9,1	0,09	0,28	0,63	3,9	1,01	4,19	3,96	8,23	7,08	5,21	5,26
Meuble et articles d'ameublements	2,4	0,10	0,33	0,56	5,0	1,63	3,96	3,69	7,88	6,27	4,55	4,72
Papier et produits connexes	13,7	0,14	0,24	0,62	2,1	-0,21	3,34	2,71	5,48	7,24	4,82	5,02
Édition et industries connexes	6,8	0,15	0,38	0,46	3,9	1,46	3,55	2,62	6,68	6,17	4,71	5,59
Première transformation des métaux	14,7	0,08	0,21	0,71	2,2	-0,17	2,98	2,86	6,13	7,08	4,68	4,51
Fabrication des produits métalliques	10,5	0,12	0,30	0,58	2,8	1,40	3,32	3,31	6,78	6,12	4,56	4,49
Machinerie (sauf électrique)	6,1	0,13	0,30	0,56	4,5	2,29	5,25	4,79	6,90	6,40	4,75	4,83
Matériel de transport	30,7	0,08	0,20	0,72	6,4	2,34	6,77	6,85	7,50	6,80	4,93	4,35
Produits électriques et électroniques	11,2	0,13	0,29	0,58	4,9	0,49	7,17	6,62	5,03	6,51	2,66	2,24
Produits minéraux non métalliques	4,2	0,17	0,28	0,55	1,7	-0,03	2,62	2,35	6,02	6,52	4,80	4,82
Produits raffinés du pétrole et du charbon	11,0	0,04	0,06	0,90	0,8	-0,25	2,78	2,51	1,95	7,30	6,55	5,77
Chimiques	12,8	0,18	0,19	0,63	3,5	0,65	4,17	4,45	7,14	6,71	4,86	4,30
Autres fabrication	4,0	0,12	0,30	0,57	5,7	1,12	3,29	3,60	5,88	6,17	4,78	4,44
Construction	50,5	0,07	0,33	0,59	3,8	1,21	2,89	2,52	5,28	6,22	4,79	4,97
Transports	23,3	0,16	0,39	0,45	1,5	0,86	4,15	3,81	5,42	6,47	5,02	4,13
Transports par pipeline	1,8	0,73	0,10	0,18	1,2	3,97	5,67	6,18	7,53	7,28	4,91	3,06
Stockage et entreposage	0,8	0,25	0,45	0,30	3,0	0,43	2,29	2,26	2,86	6,78	4,63	4,42
Communications	12,6	0,36	0,41	0,23	4,1	2,36	6,65	6,92	6,16	6,57	4,63	2,93
Autres services d'utilité publique	12,8	0,59	0,21	0,20	2,9	2,50	6,61	5,16	7,58	6,78	4,71	4,61
Commerce de gros	24,3	0,18	0,50	0,32	4,0	2,82	5,90	5,42	6,54	6,22	4,33	4,08
Commerce de détail	28,7	0,13	0,56	0,31	4,3	1,93	4,30	3,97	4,53	5,87	4,55	4,03
Secteur des entreprises	**380,7**	**0,17**	**0,30**	**0,53**	**3,31**	**1,21**	**4,45**	**3,96**	**6,33**	**6,60**	**4,68**	**4,48**

C = coût total moyen; S_K = part de la rémunération du capital; S_L = part de la rémunération du travail; S_M = part des intrants intermédiaires; $\dot{Y}$ = taux de croissance de production brute; $\dot{K}$ = taux de croissance des services du capital; $\dot{L}$ = taux de croissance de l'intrant travail; $\dot{M}$ = taux de croissance des intrants intermédiaires; $\dot{w}_f$ = taux de croissance du prix de l'intrant $\left(f = K, L \text{ et } M\right)$. Mise à part la variable C mesurée en millions de $, toutes les autres sont exprimées en pourcentages. Les taux de croissance sont des taux annuels moyens.

Les taux de croissance de la production $(\dot{Y})$ et des intrants $(\dot{K}, \dot{L} \text{ et } \dot{M})$ présentés au tableau 1 varient aussi selon la branche d'activité entre 1961 et 2000. La croissance de la production de la branche du cuir et des produits connexes a été négative, tandis que celle des branches du tabac et des produits du tabac, de la pêche et du piégeage, de l'habillement et de l'entreposage et de l'emmagasinage a été modeste, variant de 0,27 % à 2,3 %. Certaines branches d'activité des secteurs de la fabrication et des services ont connu une augmentation impressionnante de la production, le taux de croissance variant d'environ 3,8 % pour le transport à environ 8,6 % pour les produits en matière plastique. La diversité dans le rythme de croissance de la production et des intrants donne à penser que les différentes industries ont connues différentes évolutions de la combinaison des intrants et de la croissance de la production et de la productivité. Nous observons des comportements similaires de croissance plus lente ou plus rapide pour le travail, le capital et les intrants intermédiaires. À quelques exceptions près, les taux de croissance des prix de la production et des intrants étaient tous positifs, mais variaient considérablement selon la branche d'activité. Le stock réel de capital public a augmenté au taux moyen de 2,8 %, tandis que les taux de croissance du PIB et de son dégonfleur des prix implicites étaient de 3,7 % et 5,0 %, respectivement et celui de la population, de presque 1,4 % de 1961 à 2000.

La variation considérable de la croissance de la production et de la structure des coûts en fonction de la branche d'activité observée de 1961 à 2000 fournit un riche ensemble de données pour tester économétriquement l'effet de diverses variables sur la croissance de la production et de la productivité. La diversité des comportements observés ici sous-entend que la réponse des diverses branches d'activité à la variation de paramètres tels que le capital public, le PIB réel et la croissance de la population est vraisemblablement fort diverse. Par conséquent, nous devrions nous attendre à ce que les élasticités, les bénéfices marginaux du capital public et les taux de croissance de la productivité multifactorielle calculés pour diverses branches d'activité d'après les estimations des paramètres de notre modèle économétrique varient fortement selon la branche d'activité.

III. Application du modèle économétrique

1. Estimation du modèle

Nous avons estimé la fonction de demande (3) pour chaque branche d'activité. L'estimation initiale a montré que, pour quelques branches d'activité, le signe de l'élasticité des prix était incorrect. Nous avons essayé d'utiliser une formulation différente des fonctions de demande en estimant le modèle à l'aide de données de panel sur les branches d'activité; nous avons également formulé d'autres spécifications dans la fonction de demande (3), en introduisant d'autres variables, comme le taux d'intérêt, le taux de chômage et les prix à l'exportation. Les résultats obtenus pour ces nouvelles spécifications diffèrent peu de ceux présentés au tableau 2. Les résultats indiquent que l'élasticité-prix et l'élasticité-revenu par habitant de la demande varient selon la branche d'activité. La valeur de l'élasticité-prix de la demande est négative, inférieure à un et statistiquement significative pour la plupart des branches d'activité. Celle de

l'élasticité-revenu par habitant est positive et significative pour la majorité des branches d'activité également[6].

Tableau 2 - Estimation de la fonction de demande, valeurs moyennes : 1961-2000

	α	β
Agricoles et de services connexes	-0,1844 (2,2561)	0,2941 (2,0331)
Pêche et piégeage	-0,1423 (1,7514)	0,1458 (1,0614)
Exploitation forestière et services forestiers	-0,1185 (1,6831)	0,3396 (1,5143)
Mines	-0,2596 (1,5614)	0,3694 (2,3361)
Pétrole brut et du gaz naturel	-0,2214 (2,2532)	0,3381 (2,1497)
Carrières et sablières	-0,1729 (1,6533)	0,1185 (1,0532)
Services reliés à l'extraction des minéraux	-0,1589 (1,9744)	0,2569 (1,1436)
Aliments	-0,3658 (3,1675)	0,6814 (2,3314)
Boissons	-0,3074 (2,5591)	0,3961 (2,6971)
Tabac	-0,2582 (1,9596)	0,0981 (1,9914)
Produits en caoutchouc	-0,2932 (2,0264)	0,4121 (1,7234)
Produits en matière plastique	-0,2012 (1,9208)	0,2591 (1,8896)
Cuir et des produits connexes	-0,2545 (1,6617)	0,5698 (2,3612)
Textiles de première transformation	-0,2121 (1,7150)	0,4485 (3,6471)
Produits textiles	-0,1893 (2,0669)	0,3561 (1,7569)
Habillement	-0,2534 (2,5591)	0,3279 (2,6598)
Bois	-0,4125 (2,4179)	0,8474 (1,6674)
Meuble et articles d'ameublements	-0,2914 (1,6641)	0,4659 (1,6541)
Papier et produits connexes	-0,3261 (1,9514)	0,5141 (1,5524)
Édition et industries connexes	-0,1844 (2,2561)	0,2941 (2,0331)
Première transformation des métaux	-0,1423 (1,7514)	0,1458 (1,0614)
Fabrication des produits métalliques	-0,1185 (1,6831)	0,3396 (1,5143)
Machinerie (sauf électrique)	-0,2596 (1,5614)	0,3694 (2,3361)
Matériel de transport	-0,2214 (2,2532)	0,3381 (2,1497)
Produits électriques et électroniques	-0,1729 (1,6533)	0,1185 (1,0532)
Produits minéraux non métalliques	-0,1589 (1,9744)	0,2569 (1,1436)
Produits raffinés du pétrole et du charbon	-0,3658 (3,1675)	0,6814 (2,3314)
Chimiques	-0,3074 (2,5591)	0,3961 (2,6971)
Autres fabrication	-0,2582 (1,9596)	0,0981 (1,9914)
Construction	-0,2932 (2,0264)	0,4121 (1,7234)
Transports	-0,2012 (1,9208)	0,2591 (1,8896)
Transports par pipeline	-0,2545 (1,6617)	0,5698 (2,3612)
Stockage et entreposage	-0,2121 (1,7150)	0,4485 (3,6471)
Communications	-0,1893 (2,0669)	0,3561 (1,7569)
Autres services d'utilité publique	-0,2534 (2,5591)	0,3279 (2,6598)
Commerce de gros	-0,4125 (2,4179)	0,8474 (1,6674)
Commerce de détail	-0,2914 (1,6641)	0,4659 (1,6541)
Secteur des entreprises	**-0,3261 (1,9514)**	**0,5141 (1,7524)**

Nota : La fonction de demande suivante: $\dot{Y} = \lambda + \alpha\left(\dot{P}_Y - \dot{P}_D\right) + \beta\dot{Z} + (1-\beta)\dot{N}$ est estimée en utilisant le modèle à effets fixes pour contrôler les différences inter-industrielles. La spécification suppose que les changements dans la quantité demandée à une industrie sont reliés à son propre mouvement de prix, comparativement au dégonfleur du PIB, et des changements dans le niveau de revenu agrégé et de la population de l'économie. Les estimés ont été corrigé pour l'autocorrélation des résidus; les statistiques t sont entre parenthèses.

[6] Les intervalles de confiance de l'élasticité-prix de la demande de la production et de celle du revenu par habitant au niveau agrégé à un niveau de 5% sont, respectivement, -.2512; -.3852 et .4412; .5718.

Nous avons estimé les paramètres de la fonction de coût sous-jacente à l'aide de la fonction de coût (1) et des équations des parts (2). Ces équations dépendent des prix des intrants du secteur privé, du niveau de production de la branche d'activité Y, de la tendance temporelle t et du niveau de stock de capital G. Hulten (1990) soutient que l'intensité de l'utilisation du capital public fluctue au cours du temps. Par exemple, l'utilisation des autoroutes varie, comme en témoigne, par exemple, le ratio du nombre de milles parcourus par les véhicules au stock de routes. En outre, le capital public est un intrant collectif que chaque entreprise doit partager avec les autres et, par conséquent, est sujet à congestion (voir Deno 1988). Toutefois, les entreprises pourraient exercer un certain contrôle sur l'utilisation du stock de capital public (voir Shah, 1992 et Fernald, 1999). Par exemple, une entreprise pourrait n'exercer aucune influence sur le niveau du stock d'autoroutes fourni par le gouvernement, mais modifier son utilisation des autoroutes existantes en choisissant d'autres itinéraires. Le rajustement de l'utilisation du capital d'autoroutes pourrait effectivement influer sur la grandeur et le comportement temporel des bénéfices marginaux de la branche d'activité et du stock d'autoroutes. Cependant, il est difficile, à l'heure actuelle, d'obtenir une mesure fiable et appropriée de l'utilisation des autoroutes pour chaque branche d'activité entre 1961 et 1997. Par conséquent, à ce stade de l'analyse, nous n'avons procédé à aucun rajustement de l'utilisation du stock de capital public G.

L'échantillon comprend des données transversales chronologiques regroupées pour 37 branches d'activité correspondant au niveau à deux chiffres de la Classification type des industries de 1980 couvrant la période de 1961 à 2000. Afin de saisir les effets propres à une branche d'activité, nous supposons que les paramètres α_K , α_L , α_M et α_G sont particuliers à la branche d'activité. Donc, nous supposons que $\alpha_{iij} = \alpha_{ii} + h_{ij} D_j$, où les paramètres sont normalisés en ce qui concerne la *kième* branche d'activité ($h_{ik} = 0$), D_{ij} est une variable binaire de la branche d'activité qui prend les valeurs 1 ou 0 et j est un indice d'identification de la branche d'activité. Nous estimons le modèle selon une méthode itérative de régressions apparemment non liées. L'estimation initiale a révélé une corrélation sérielle des résidus. Par conséquent, nous avons de nouveau estimé les équations en apportant une correction pour l'autocorrélation sérielle de premier ordre.

Au tableau 3, nous présentons les estimations des paramètres pour la fonction de coût translog (1). Le système de fonctions de demande des facteurs que nous estimons satisfait toutes les conditions de régularité nécessaires : la fonction de coût estimée est non décroissante dans la production, linéairement homogène dans les prix des intrants et concave dans les prix des facteurs. Les résultats montrent que le modèle de coût est bien spécifié et que les estimations des paramètres sont statistiquement significatives. La plupart des coefficients des variables binaires des branches d'activité, qui ne figurent pas dans le tableau 3, sont également statistiquement significatifs, ce qui donne à penser que les différences entre les structures de coût des diverses branches d'activité sont significatives. Les carrés des coefficients de corrélation entre les valeurs actuelles et prédites sont élevés, et l'écart-type de chaque équation du modèle est faible. La valeur estimée du paramètre d'autocorrélation, ρ, est égale à environ 0,90.

Tableau 3 - Estimation de la fonction de coût translog: 1961-2000

	Estimations des paramètres	Statistique t
α^*	0,1245	1,7514
α_K^*	0,1541	2,1641
α_L^*	0,4438	3,1457
α_Y^*	1,1447	2,5579
α_G^*	-0,0554	2,0147
α_t^*	-0,0538	2,7251
α_{KK}	0,0524	3,1472
α_{LL}	0,0941	2,8516
α_{YY}	-0,0091	1,5842
α_{GG}	-0,0037	1,8513
α_{tt}	-0,0008	1,7513
α_{KL}	-0,0258	3,0173
α_{KY}	-0,0447	2,9142
α_{KG}	0,0574	2,3671
α_{Kt}	0,0018	3,1592
α_{LY}	-0,0216	1,7632
α_{LG}	-0,0055	1,6671
α_{Lt}	-0,0011	2,5513
α_{GY}	-0,0744	2,0164
α_{Gt}	0,0118	3,4176

Équation	Écart-type	R^2	ρ	DW
Travail-intrants intermédiaires	0,0254	0,92	0,92	1,59
Capital-intrants intermédiaires	0,0514	0,88	0,94	1,87
Fonction de coût total	0,0145	0,93	0,89	1,96

Nota : * Les variables binaires sont incluses.

Pour estimer l'effet d'une augmentation du stock de capital public sur le coût et sur la demande de l'intrant au niveau de la branche d'activité, nous devons calculer l'élasticité du coût par rapport au capital public, G, et l'élasticité du coût de la production pour chaque branche d'activité. Avant de produire ces estimations, pour nous assurer de leur fiabilité, nous devons appliquer divers tests économétriques au modèle, en nous concentrant sur le capital public.

2. *Fiabilité des estimations*

Dans la présente section, nous évaluons la fiabilité de notre modèle économétrique. Nous décrivons d'abord certains tests statistiques, puis nous examinons la robustesse de nos résultats empiriques.

2.1 Tests d'hypothèses

Nous utilisons les résultats de l'estimation de l'équation (1) pour vérifier économétriquement plusieurs hypothèses concernant la structure technologique. Nous utilisons le logarithme des rapports de vraisemblance pour tester les hypothèses et présentons les résultats au tableau 4. Les tests du rapport de vraisemblance nous obligent à rejeter catégoriquement l'hypothèse conjointe selon laquelle les coefficients des variables binaires des branches d'activité sont nuls, et laissent entendre qu'il existe d'importantes différences entre les structures de coût des branches d'activité étudiées. En outre, nous devons également rejeter l'hypothèse selon laquelle le coefficient du capital public est nul (voir le tableau 4, ligne 2). Nous vérifions également la constance du rendement d'échelle, ainsi que l'hypothèse de l'absence de progrès technique. Ces hypothèses sont rejetées, comme l'indique le critère χ^2 utilisé pour les tests statistiques présentés dans le tableau (lignes 3 et 4).

Tableau 4 - Tests d'hypothèses

Hypothèse	Restriction de paramètres	Logarithme de la fonction de vraisemblance	$d.\ell.$	χ^2	Résultat du test
Pas de binaires pour les industries	$\underline{h}_o = \underline{h}_K = \underline{h}_L = \underline{h}_Y = \underline{h}_G = \underline{h}_t = 0$	7952,5	216	439,5	Rejetée
Pas d'effet de capital public	$\alpha_G = \alpha_{GG} = \alpha_{KG} = \alpha_{LG} = \alpha_{GY} = \alpha_{Gt} = 0$	1910,3	216	555,7	Rejetée
Technologie à rendements d'échelle constants	$\alpha_Y = 1$ et $\alpha_{YY} = \alpha_{KY} = \alpha_{LY} = \alpha_{GY} = 0$	459,4	5	92,9	Rejetée
Pas de progrès technique	$\alpha_t = \alpha_{tt} = \alpha_{Kt} = \alpha_{Lt} = \alpha_{Gt} = 0$	339,6	5	77,5	Rejetée

Nota : $\underline{h}$ est un vecteur de paramètres associés aux variables binaires. Les valeurs critiques de χ^2 à un niveau de confiance de 99% pour 5 et 216 degrés de liberté $(d.\ell.)$ sont, respectivement 15,1 et 323,4

2.2 Analyse de sensibilité

Les articles traitant de l'estimation de l'effet du capital public sur la structure de la production d'après des séries chronologiques ont été vivement contestés sur le plan tant conceptuel que méthodologique. Les critiques de ce genre de modèles sont de deux types.

En premier lieu, les données chronologiques sur la production et le capital public présentent des tendances communes et, par conséquent, la corrélation positive significative entre la productivité et le capital public mentionnée dans la littérature pourrait être fallacieuse. Un moyen de contourner ce problème consiste à recourir à une forme de différence entre ces variables. Lorsque Hulten et Schwab (1991) et Tatom (1991) ont calculé la différence première de leurs séries chronologiques macro-économiques, le produit marginal du capital public est devenu nettement plus faible et presque statistiquement non significatif.

En deuxième lieu, au niveau agrégé, il n'est pas facile de déterminer si une diminution des dépenses publiques en capital est due à une diminution du niveau de production agrégée ou inversement. Autrement dit, il est difficile de préciser si le capital public est une variable endogène plutôt qu'une variable indépendante expliquant la croissance de la production. Par conséquent, il faut résoudre économétriquement la question de la simultanéité entre la production et le capital public.

2.2.1 Corrélation fallacieuse

L'existence d'une tendance commune à diverses variables dans les modèles chronologiques du capital public pose un problème économétrique important. La critique s'applique tout aussi bien aux études de la fonction de production qu'à celle de la fonction de coût, qu'elles incluent ou non le capital public. Il est vrai que les variables du secteur privé, telles que la production, l'intrant travail, les intrants intermédiaires et le stock de capital privé sont fortement corrélés au cours du temps et peuvent présenter une tendance commune. À cet égard, le capital public ne présente aucune caractéristique particulière.

L'une des méthodes utilisées pour supprimer une tendance commune consiste à estimer le modèle sous forme de différence première. On élimine de la sorte toute influence éventuelle de la tendance qui pourrait représenter une correction excessive et non appropriée lorsqu'on cherche à déterminer l'effet du capital public sur la productivité. Néanmoins, pour estimer les équations (1) et (3) sous forme de « différence première », nous devons fixer à l'unité la valeur du paramètre de corrélation en série ρ. Les estimations des paramètres (non présentées ici, mais disponibles sur demande) indiquent que les modèles sont très bien ajustés aux données. L'estimation des paramètres des modèles de première différence possède le signe correct et leur ordre de grandeur correspond à celui des modèles estimés sous forme de niveau. Ce résultat n'est pas surprenant, car les valeurs des coefficients de corrélation en série ρ présentées au tableau 3 sont proches de l'unité.

2.2.2 Causalité

La question de la simultanéité entre la production et l'utilisation du capital public est plus complexe dans le cas d'études de la fonction de production que dans celui d'études de la fonction de coût, car la production et le capital public figurent tous deux dans la fonction de production à titre de variables explicatives. Néanmoins, nous avons appliqué plusieurs tests de causalité et les résultats laissent entendre que le capital public peut être considéré comme une variable exogène dans la fonction de coût de la branche d'activité. En outre, nous recalculons le modèle par la méthode des triples moindres carrés avec des valeurs décalées de toutes les variables exogènes comme instruments. Les résultats sont semblables à ceux présentés au tableau 3[7].

[7] Ceci n'est pas étonnant puisque le modèle qui sous-tend les estimations du tableau 3 contient des variables exogènes décalées comme instruments de correction de l'autocorrélation des résidus. Il semble que ces instruments corrigent simultanément les problèmes d'autocorrélation des résidus et d'endogénéité.

IV. Résultats empiriques

1. Contribution du capital public au niveau de la branche d'activité

1.1 Réduction du coût du capital public

Les élasticités moyennes des coûts par rapport au capital public $\eta_{\bar{C}G}$ pour les 37 branches d'activité que nous étudions figurent à la première colonne du tableau 5. Elles indiquent qu'une augmentation du capital public réduit les coûts (étant donné le niveau de production) dans toutes les branches d'activité. Les résultats présentés au tableau 5 montrent que, dans toutes les branches, les élasticités ont le signe négatif prévu. La grandeur de ces élasticités varie selon la branche d'activité, allant de -0,00125 pour la pêche et le piégeage à -0,12 pour le commerce de détail. Cependant, ces estimations se trouvent à l'intérieur d'intervalles de confiance raisonnablement étroits. [8] Les élasticités sont relativement grandes dans les branches du commerce, des transports, de la construction, des communications et des autres services d'utilité publique. Ces branches d'activité sont probablement celles qui utilisent le plus le capital public. Dans la plupart des branches du secteur de la fabrication, les valeurs de l'élasticité varient de -0,0020 (autres industries manufacturières) à -0,0571 (matériel de transport). Les branches d'activité pour lesquelles les élasticités sont assez faibles sont, entre autres, celles des produits textiles, du meuble et des accessoires d'ameublement, et du cuir et des produits connexes.

Nous pouvons interpréter les élasticités η et η^* présentées au tableau 5 en nous basant sur le rendement d'échelle. L'inverse de η, soit $\frac{1}{\eta}$, représente le rendement interne d'échelle, ou l'effet qu'a sur la production l'augmentation proportionnellement égale de tous les intrants, sauf le capital public. Autrement dit, si $\frac{1}{\eta}>1$, une augmentation proportionnellement égale de l'utilisation du capital, du travail et des intrants intermédiaires en maintenant le capital public constant, donne lieu à une augmentation proportionnelle de la production [9]. Par exemple, dans le cas du commerce de détail, le degré de rendement d'échelle est d'environ 1,06 pour les intrants du secteur privé. Cependant, une augmentation proportionnellement égale de tous les intrants, y compris le capital public, donne lieu à une augmentation proportionnelle de la production ou un rendement total d'échelle de 1,22. Les résultats montrent que η aussi bien que η^* a une valeur inférieure à un pour toutes les branches d'activité, ce qui laisse entendre que l'augmentation des rendements internes, particulièrement le rendement total d'échelle, domine dans toutes les branches d'activité. Ces élasticités d'échelle sont robustes, autrement dit, leur grandeur ne varie pas en fonction de la méthode d'estimation. La grandeur de ces estimations du rendement d'échelle varie selon la branche d'activité. Pour chacune d'elles, le degré de rendement interne d'échelle est plus faible que le degré de rendement total d'échelle, résultat prévisible puisque ce dernier tient compte de la contribution positive du capital public.

---

[8] L'estimation de l'élasticité du coût par rapport au capital public au niveau agrégé se trouve à l'intérieur de l'intervalle suivant à un niveau de 5%: -0.05981 et -0.071412.

[9] Les intervalles de confiance des élasticité $\frac{1}{\eta}$ et $\frac{1}{\eta^*}$ au niveau agrégé à un niveau de 5% sont, respectivement, 1.0385; 1.07145 et 1.1547; 1.1978.

Tableau 5 – Élasticités de la fonction de coût translog

	$\eta_{\tilde{C}G}$	$\frac{1}{\eta}$	$\frac{1}{\eta^*}$	η_{YG}
Agricoles et de services connexes	-0,04681	1,0711	1,2241	0,05153
Pêche et piégeage	-0,00125	0,9812	1,0243	0,00123
Exploitation forestière et services forestiers	-0,01420	1,0123	1,0914	0,01438
Mines	-0,02514	1,0531	1,1543	0,02648
Pétrole brut et du gaz naturel	-0,03746	1,0914	1,1932	0,04089
Carrières et sablières	-0,01015	0,9122	1,0124	0,00926
Services reliés à l'extraction des minéraux	-0,01201	0,9457	1,0285	0,01135
Aliments	-0,03718	1,0257	1,1413	0,03813
Boissons	-0,03521	1,0441	1,1591	0,03676
Tabac	-0,01901	0,9841	1,0432	0,01871
Produits en caoutchouc	-0,03032	1,0374	1,0674	0,03145
Produits en matière plastique	-0,01725	1,0471	1,0934	0,01806
Cuir et des produits connexes	-0,01100	1,0223	1,0341	0,01125
Textiles de première transformation	-0,02015	1,0218	1,1014	0,02058
Produits textiles	-0,01601	1,0541	1,1463	0,01688
Habillement	-0,02102	1,0614	1,0874	0,02231
Bois	-0,03110	1,0335	1,0532	0,03214
Meuble et articles d'ameublements	-0,01300	1,0228	1,0642	0,01330
Papier et produits connexes	-0,03403	1,0674	1,1247	0,03633
Édition et industries connexes	-0,03027	1,0647	1,1396	0,03223
Première transformation des métaux	-0,05208	1,0468	1,1574	0,05452
Fabrication des produits métalliques	-0,04904	1,0749	1,1712	0,05271
Machinerie (sauf électrique)	-0,05302	1,1247	1,2341	0,05963
Matériel de transport	-0,05711	1,0973	1,1774	0,06266
Produits électriques et électroniques	-0,00302	1,1462	1,2412	0,00346
Produits minéraux non métalliques	-0,02231	1,0334	1,0974	0,02306
Produits raffinés du pétrole et du charbon	-0,04182	1,0974	1,1531	0,04588
Chimiques	-0,03511	1,0579	1,1973	0,03714
Autres fabrication	-0,00202	1,0124	1,0741	0,00205
Construction	-0,06951	1,0335	1,2231	0,07184
Transports	-0,09314	1,0456	1,2785	0,09739
Transports par pipeline	-0,05231	1,0121	1,1894	0,02338
Stockage et entreposage	-0,01501	1,0224	1,0863	0,01534
Communications	-0,06861	1,0974	1,1241	0,07529
Autres services d'utilité publique	-0,06142	1,0121	1,0874	0,06216
Commerce de gros	-0,11846	1,0547	1,1913	0,12494
Commerce de détail	-0,12130	1,0631	1,2213	0,12896
Secteur des entreprises	**-0,06203**	**1,0575**	**1,1760**	**0,06575**

Nota : $\eta_{\tilde{C}G}$ = élasticité du coût privé par rapport au capital public; $\frac{1}{\eta}$ = rendement d'échelle interne, ou l'effet sur la production d'une hausse équiproportionnelle de tous les intrants à l'exception du capital public. Autrement dit, une hausse également proportionnelle du travail, capital et des intrants intermédiaires, en maintenant le capital public fixe, donne lieu à une hausse proportionnelle de la production; $\frac{1}{\eta^*}$ = rendement d'échelle global, ou l'effet sur la production d'une hausse également proportionnelle de tous les intrants, incluant le capital public. η_{YG} = productivité marginale du capital public.

L'élasticité de la production pour les diverses branches d'activité par rapport à une augmentation du capital public, η_{YG}, est présentée à la colonne 4 du tableau 5. Sa grandeur varie considérablement selon la branche d'activité. Le profil est comparable, comme il faut s'y attendre, à celui de l'élasticité du coût par rapport au capital public présenté à la colonne 1 du tableau 5. L'effet d'expansion de la production dû à une augmentation du capital public varie d'environ 0,129 pour la branche du commerce de détail à 0,00123 pour celle pêche et piégeage. Les branches d'activité pour lesquelles l'élasticité de la production par rapport au capital public est la plus importante sont celles du transport, du commerce, des services publics et de la construction, et certaines branches de la fabrication.

1.2 Effets du stock de capital public sur la demande de travail, de capital et des intrants intermédiaires

Le capital public a des effets direct et indirect sur la productivité du secteur privé. L'effet direct découle du fait que le produit marginal du capital public est positif, autrement dit qu'une augmentation des services du capital fait baisser les coûts de production du secteur privé. L'effet indirect tient au fait que le capital privé et le capital public sont complémentaires en production, autrement dit que la dérivée partielle du produit marginal du capital privé par rapport au capital public est positive. Si le capital privé et le capital public sont complémentaires, une augmentation du capital public accroît la productivité marginale du capital privé et, étant donné le prix de location du capital, la formation de capital privé augmente, ce qui fait croître encore davantage la production du secteur privé. La même chose se produit pour l'intrant travail et pour la demande des intrants intermédiaires, selon qu'ils sont des substituts ou des compléments du capital public dans le processus de production.

Si le capital public est substituable à tous les intrants privés, son augmentation réduit systématiquement les coûts. Naturellement, l'inverse n'est pas vrai. L'examen de la littérature traitant des fonctions de coût appuie l'hypothèse selon laquelle la diminution des coûts est associée à une augmentation du capital public. Donc, si l'un des intrants privés est un complément du capital public, la diminution du coût n'aura lieu que si l'effet de la substitution des autres intrants privés est plus important que l'effet de complémentarité. Il est manifeste, a priori, que l'on ne peut attribuer aucun signe à l'effet du capital public sur les intrants. La question du signe et de la grandeur de l'effet est empirique. Les estimations publiées confirment l'hypothèse selon laquelle le travail et le capital public sont des substituts. Cependant, la relation entre le capital public et le capital privé n'est pas claire. Par exemple, selon Conrad et Seitz (1994) et Lynde et Richmond (1992), le capital public et le capital privé sont complémentaires, tandis que selon Shah (1992), Nadiri et Mamuneas (1994a, b) et Morrison et Schwartz (1996), ils sont des substituts.

Le tableau 6a donne les valeurs moyennes de l'élasticité de la demande conditionnelle des intrants par rapport au capital public pour la période allant de 1961 à 2000. La demande conditionnelle des intrants correspond à la demande de travail, de capital et des intrants intermédiaires lorsque l'on maintien la production constante. Nous calculons ces élasticités au moyen de la formule $\frac{\partial X_f}{\partial G}$. La grandeur des élasticités du travail, du capital privé et des intrants intermédiaires par rapport au capital public varie selon la branche d'activité. Les résultats donnent à penser que, dans toutes les branches d'activité, la demande de travail et des intrants

intermédiaires diminue à mesure qu'augmente l'investissement dans le capital public. Cependant, le capital privé et le capital public sont des compléments dans la plupart des branches d'activité. Cet effet de complémentarité est relativement grand pour les branches du commerce et certaines branches du secteur de la fabrication, comme celles des produits raffinés du pétrole et du charbon, des métaux primaires et des aliments.

Au tableau 6b, nous présentons l'effet total d'une expansion du capital public sur la demande de travail, de capital et des intrants intermédiaires dans les diverses branches d'activité durant la période de 1961 à 2000. Cet effet total correspond à la somme des effets présentés au tableau 6a (lorsque le niveau de production est constant) et de l'effet induit d'expansion de la production. Ce dernier représente l'augmentation de la demande des intrants en réponse à l'augmentation de la production induite par la réduction initiale des coûts due à l'utilisation du capital public. L'effet de l'expansion de la production sur la demande est positif pour les trois intrants, mais sa grandeur varie selon la branche d'activité et selon l'intrant. L'effet de l'expansion réduit l'effet de substitution présenté au tableau 6a pour le travail ainsi que pour les intrants intermédiaires. Autrement dit, les effets de l'augmentation du capital public sur la demande de travail et des intrants intermédiaires restent négatifs, mais les élasticités sont nettement plus faibles que celles présentées au tableau 6a. La grandeur de ces effets varie fortement selon la branche d'activité. L'effet total d'une augmentation du capital public sur la demande de capital est positif et plus important que les élasticités présentées au tableau 6a.

Nous pouvons généralement conclure qu'une augmentation du capital public modifie considérablement les rapports entre les intrants dans toutes les branches d'activité. L'effet de ces changements varie nettement selon l'industrie et selon l'intrant. L'augmentation du capital public permet d'économiser le travail et les intrants intermédiaires, mais augmente aussi la demande de capital privés dans toutes les branches d'activité que nous étudions.

Tableau 6a – Élasticités directes de demandes conditionnelles des intrants

	η_{KG}	η_{LG}	η_{MG}
Agricoles et de services connexes	0,0214	-0,0854	-0,1125
Pêche et piégeage	0,0041	-0,0219	-0,0052
Exploitation forestière et services forestiers	0,0123	-0,0321	-0,0231
Mines	0,1039	-0,0018	-0,0259
Pétrole brut et du gaz naturel	0,1514	-0,0101	-0,0754
Carrières et sablières	0,0011	-0,0162	-0,0204
Services reliés à l'extraction des minéraux	0,0091	-0,0014	-0,0417
Aliments	0,1133	-0,1123	-0,1241
Boissons	0,0752	-0,0975	-0,0849
Tabac	0,0631	-0,0521	-0,0454
Produits en caoutchouc	0,1839	-0,0663	-0,0715
Produits en matière plastique	0,0123	-0,0621	-0,0513
Cuir et des produits connexes	0,1585	-0,0024	-0,0174
Textiles de première transformation	0,1693	-0,0672	-0,0579
Produits textiles	0,1471	-0,0711	-0,0673
Habillement	0,1102	-0,0659	-0,0254
Bois	0,0913	-0,0366	-0,0493
Meuble et articles d'ameublements	0,1658	-0,0248	-0,0367
Papier et produits connexes	0,0671	-0,0743	-0,0857
Édition et industries connexes	0,0541	-0,0884	-0,0941
Première transformation des métaux	0,1236	-0,0814	-0,0957
Fabrication des produits métalliques	0,1132	-0,0717	-0,0884
Machinerie (sauf électrique)	0,1213	-0,0661	-0,0831
Matériel de transport	0,1453	-0,0814	-0,0775
Produits électriques et électroniques	0,1485	-0,0418	-0,0549
Produits minéraux non métalliques	0,1101	-0,0331	-0,0276
Produits raffinés du pétrole et du charbon	0,2041	-0,1108	-0,0731
Chimiques	0,0512	-0,0836	-0,0971
Autres fabrication	0,0941	-0,0151	-0,0241
Construction	0,0914	-0,0337	-0,0841
Transports	0,0452	-0,0749	-0,1134
Transports par pipeline	-0,0143	-0,0831	-0,0519
Stockage et entreposage	0,0541	-0,0667	-0,0575
Communications	0,0524	-0,0314	-0,0749
Autres services d'utilité publique	-0,0367	-0,0171	-0,0452
Commerce de gros	0,1141	-0,1274	-0,1478
Commerce de détail	0,0971	-0,1087	-0,1295
Secteur des entreprises	**0,0929**	**-0,0683**	**-0,0882**

Nota : η_{fG} ($f = K, L, M$) = élasticités des demandes conditionnelles des intrants par rapport au capital public. Les demandes conditionnelles des intrants sont la demande pour le travail, le capital et les intrants intermédiaires pour un niveau constant de la production.

Table 6b – Les élasticités totales de la demande des intrants

	η_{KG}	η_{LG}	η_{MG}
Agricoles et de services connexes	0,0468	-0,0503	-0,0674
Pêche et piégeage	0,0166	-0,0186	-0,0006
Exploitation forestière et services forestiers	0,0494	-0,0107	-0,0107
Mines	0,1495	-0,0008	-0,0135
Pétrole brut et du gaz naturel	0,1782	-0,0091	-0,0365
Carrières et sablières	0,0022	-0,0036	-0,0408
Services reliés à l'extraction des minéraux	0,0182	-0,0002	-0,0055
Aliments	0,1585	-0,0758	-0,1117
Boissons	0,1123	-0,0716	-0,0428
Tabac	0,0956	-0,0270	-0,0325
Produits en caoutchouc	0,2235	-0,0198	-0,0228
Produits en matière plastique	0,0450	-0,0367	-0,0217
Cuir et des produits connexes	0,1950	0,0101	0,0122
Textiles de première transformation	0,2058	-0,0414	-0,0127
Produits textiles	0,1868	-0,0342	-0,0194
Habillement	0,1361	-0,0193	0,0198
Bois	0,1234	-0,0241	-0,0131
Meuble et articles d'ameublements	0,2110	-0,0119	-0,0160
Papier et produits connexes	0,0930	-0,0284	-0,0361
Édition et industries connexes	0,0872	-0,0425	-0,0353
Première transformation des métaux	0,1495	-0,0488	-0,0833
Fabrication des produits métalliques	0,1584	-0,0352	-0,0625
Machinerie (sauf électrique)	0,1578	-0,0203	-0,0385
Matériel de transport	0,1790	-0,0355	-0,0130
Produits électriques et électroniques	0,2549	-0,0172	-0,0704
Produits minéraux non métalliques	0,1470	-0,0206	-0,0170
Produits raffinés du pétrole et du charbon	0,2497	-0,0651	-0,0279
Chimiques	0,0775	-0,0379	-0,0634
Autres fabrication	0,1397	-0,0051	-0,0096
Construction	0,1467	-0,0086	-0,0389
Transports	0,1003	-0,0491	-0,0769
Transports par pipeline	-0,0040	-0,0307	-0,0394
Stockage et entreposage	0,0862	-0,0214	-0,0238
Communications	0,1178	-0,0188	-0,0490
Autres services d'utilité publique	-0,0242	-0,0068	-0,0296
Commerce de gros	0,1567	-0,1011	-0,0793
Commerce de détail	0,1230	-0,0717	-0,0843
Secteur des entreprises	**0,1334**	**-0,0387**	**-0,0508**

Nota : L'effet total est la somme des effets montrés dans le tableau 6a (quand le niveau de production est fixé) et l'effet de l'expansion induit de la production. Ce dernier effet mesure la hausse de la demande des intrants en réaction à la hausse de la production induite par la réduction initiale du coût attribuée au capital public.

1.3 Bénéfices marginaux

Nous exprimons le bénéfice marginal lié au capital public en fonction de la réduction des coûts privés due à ce capital. L'importance de la réduction dépend de l'élasticité des coûts de la branche d'activité par rapport au capital public $\left(\frac{\partial \ell n\tilde{C}}{\partial \ell nG}\right)$ et du coût de production de la branche d'activité comparativement à la taille du stock de capital public $\left(\frac{\tilde{C}}{G}\right)$ lorsqu'on utilise l'équation (1). Autrement dit, par définition, le bénéfice marginal de l'utilisation du capital public est égal à la négative de la dérivée partielle de la fonction de coût (1) par rapport au capital public[10]. Nous pouvons interpréter cette dérivée comme étant une indication de la « volonté marginale de payer ». Nous mesurons cette dernière pour chaque branche d'activité au moyen de l'expression

$$-\frac{\partial \tilde{C}_i}{\partial G} = \frac{\tilde{C}_i}{G}[\alpha_G + \alpha_{GG}\ell nG + \alpha_{GY}\ell nY_i + \alpha_{KG}\ell n\tilde{w}_K + \alpha_{LG}\ell n\tilde{w}_L + \alpha_{Gt}t]. \quad (6)$$

Dans cette expression, le bénéfice marginal du capital public, G, est exprimé en fonction de la réduction du coût. La grandeur du bénéfice marginal dépend du ratio du coût de production d'une branche d'activité à la taille du stock de capital public, $\frac{\tilde{C}_i}{G}$. Les autres déterminants de la grandeur du bénéfice marginal pour la branche d'activité sont le niveau de production, Y_i, et les prix relatifs du travail, du capital et des intrants intermédiaires. Le stock de capital public, G, et le niveau de technologie influent aussi sur la mesure du bénéfice marginal pour la branche d'activité.

Le tableau 7 donne le bénéfice marginal moyen d'une augmentation du capital public calculé selon (6) pour chaque branche d'activité pour la période allant de 1961 à 2000. Ces valeurs indiquent, pour chaque branche d'activité, la « volonté de payer » pour une unité supplémentaire de services du capital. Cette « volonté de payer » n'inclut pas l'impôt sur le revenu, les taxes sur l'essence, le paiement des frais et de l'intérêt sur les obligations, etc., qui sont utilisés pour créer le capital public et en assurer le fonctionnement. Il s'agit d'une mesure des externalités positives du capital public pour diverses branches d'activité.

---

[10] Nous calculons les estimations des bénéfices marginaux comme suit : en premier lieu, nous estimons (1), puis nous prenons l'antilogarithme de la valeur prévue de $\ell n\tilde{C}$ pour obtenir $\tilde{C}$; en deuxième lieu, à partir de (1), nous estimons l'élasticité du coût par rapport au capital public $\frac{\partial \ell n\tilde{C}}{\partial \ell nG}$; en troisième lieu, nous calculons les bénéfices marginaux du capital public d'après les résultats des étapes 1 et 2 et du niveau de stock de capital exprimé en prix constants.

Tableau 7 – Les bénéfices marginaux du capital public (valeurs moyennes, 1961-2000)

	$\frac{\partial \tilde{C}}{\partial G}$
Agricoles et de services connexes	0,13471
Pêche et piégeage	0,00350
Exploitation forestière et services forestiers	0,03976
Mines	0,07040
Pétrole brut et du gaz naturel	0,10490
Carrières et sablières	0,02842
Services reliés à l'extraction des minéraux	0,03361
Aliments	0,10410
Boissons	0,09859
Tabac	0,05231
Produits en caoutchouc	0,08490
Produits en matière plastique	0,04830
Cuir et des produits connexes	0,03080
Textiles de première transformation	0,05641
Produits textiles	0,04484
Habillement	0,05885
Bois	0,08707
Meuble et articles d'ameublements	0,03641
Papier et produits connexes	0,09529
Édition et industries connexes	0,08476
Première transformation des métaux	0,14584
Fabrication des produits métalliques	0,13730
Machinerie (sauf électrique)	0,14845
Matériel de transport	0,15990
Produits électriques et électroniques	0,00846
Produits minéraux non métalliques	0,06247
Produits raffinés du pétrole et du charbon	0,11705
Chimiques	0,09830
Autres fabrication	0,00566
Construction	0,19463
Transports	0,41808
Transports par pipeline	0,14647
Stockage et entreposage	0,04201
Communications	0,19211
Autres services d'utilité publique	0,24120
Commerce de gros	0,33169
Commerce de détail	0,33965
Secteur des entreprises	**0,17438**

Nota : Le bénéfice marginal du capital public est défini comme la négative de la dérivée partielle de la fonction de coût par rapport au capital public. Cette dérivée peut être interprétée comme la fonction marginale de la volonté de payer.

Dans le cas du secteur des entreprises, les bénéfices marginaux d'une augmentation de 1,00 $ de la valeur du capital public varient de 0,003 cents pour la branche de la pêche et piégeage à 42 cents pour les transports[11]. La grandeur des bénéfices marginaux du capital public varie considérablement selon la branche d'activité. Les branches du commerce, autres services d'utilité publique, de la construction, des communications et des transports sont celles qui jouissent des bénéfices les plus importants. Pour les branches de la machinerie, de l'équipement de transport, de la fabrication des produits métalliques, des produits raffinés du pétrole et du charbon et de l'agriculture et de services connexes, les bénéfices marginaux sont modérément élevés. Pour les branches d'exploitation forestière et services forestiers, l'habillement et le cuir et des produits connexes, et la pêche et le piégeage, ces bénéfices sont faibles.

Le calcul de l'effet marginal du capital public au niveau du secteur des entreprises suppose que l'utilisation du capital public par une branche d'activité n'empêche pas son utilisation, ou ne réduit pas la valeur de son utilisation, par toute autre branche d'activité (autrement dit, nous supposons que le capital public est utilisé sans rivalité). Par conséquent, nous pouvons additionner les bénéfices marginaux calculés pour les 37 branches d'activité étudiées. La somme pondérée des bénéfices marginaux sur l'ensemble des branches d'activité est de l'ordre de 0,17. Donc, une augmentation de 1,00 $ de la valeur nette du stock de capital permet aux producteurs de réaliser une « économie » de 17 cents par année.

1.4 Décomposition de la croissance de la productivité multifactorielle au niveau de la branche d'activité

Lors de l'analyse de l'effet de l'infrastructure publique, l'un des objectifs fondamentaux est de déterminer sa contribution à la croissance de la productivité. Comme nous l'avons mentionné au début du présent rapport, cette question est le fondement de la plupart des travaux publiés dans ce domaine. Par exemple, Aschauer (1989) attribue presque entièrement le ralentissement de la croissance de la productivité agrégée au ralentissement de la croissance du capital public. Pour examiner cette question plus en détail, nous calculons la contribution du capital public à la croissance de la productivité multifactorielle au niveau désagrégé de la branche d'activité, en nous servant des estimations des paramètres de notre modèle économétrique.

Le tableau 8 donne la décomposition de la croissance de la productivité multifactorielle pour chaque branche d'activité fondée sur l'expression (4). Les variations de la demande exogène sont importantes pour plusieurs branches d'activité, notamment celles des produits électriques et électroniques, de la machinerie, du transport et des aliments. Pour d'autres, particulièrement les industries manufacturières et les services publics, les variations de cette demande représentent un facteur important de la croissance de la productivité multifactorielle.

---

[11] Les estimations du bénéfice marginal pour une branche d'activité peuvent être converties en valeur monétaire de la réduction des coûts de la branche d'activité pour un montant donné de dépenses publiques en capital. Le moyen le plus simple est de multiplier la mesure du bénéfice marginal pour la branche d'activité par l'augmentation nette du capital public pour une période particulière.

Tableau 8 – Décomposition de la croissance de la productivité multifactorielle par industrie (pourcentage)

	Demande exogène	Prix relatifs des intrants	Capital public	Progrès technique non incorporé	*PMF*
Agricoles et de services connexes	0,4415	0,0457	0,1814	0,7544	1,3316
Pêche et piégeage	0,0514	-0,0021	0,0015	-0,0348	0,0160
Exploitation forestière et services forestiers	0,4361	-0,0124	0,0102	0,5573	0,9912
Mines	0,5614	-0,0341	0,1756	0,5145	1,2174
Pétrole brut et du gaz naturel	0,5912	-0,0257	0,2622	0,6964	1,5241
Carrières et sablières	0,2256	-0,0032	0,0013	0,6275	0,8512
Services reliés à l'extraction des minéraux	0,3263	0,0033	0,0025	-0,1624	0,1697
Aliments	0,4121	-0,0514	0,2541	0,0484	0,6632
Boissons	0,3713	-0,0549	0,2784	0,8469	1,4417
Tabac	0,3144	0,0127	0,1301	0,3969	0,8541
Produits en caoutchouc	0,2452	0,0032	0,1123	0,8741	1,2347
Produits en matière plastique	0,1891	0,0012	0,0851	1,0644	1,3398
Cuir et des produits connexes	0,2934	0,0131	0,0412	0,0996	0,4474
Textiles de première transformation	0,2411	0,0451	0,1247	1,0384	1,4493
Produits textiles	0,1955	0,0237	0,1033	0,8792	1,2017
Habillement	0,2933	0,0541	0,0293	0,2926	0,6693
Bois	0,5312	-0,0123	0,0833	0,0890	0,6912
Meuble et articles d'ameublements	0,1576	-0,0252	0,1013	0,6262	0,8597
Papier et produits connexes	0,2569	0,0219	0,0810	-0,0230	0,3368
Édition et industries connexes	0,3591	-0,0125	0,0915	-0,2089	0,2287
Première transformation des métaux	0,2629	-0,0259	0,0813	1,0907	1,4091
Fabrication des produits métalliques	0,2984	-0,0359	0,1127	0,8341	1,2093
Machinerie (sauf électrique)	0,4696	-0,0412	0,1451	0,6806	1,2541
Matériel de transport	0,4940	0,0143	0,2412	0,9193	1,6687
Produits électriques et électroniques	0,4219	-0,0174	0,0412	2,0114	2,4571
Produits minéraux non métalliques	0,2145	-0,0129	0,0708	0,6788	0,9512
Produits raffinés du pétrole et du charbon	0,3012	0,0512	0,1451	-0,0149	0,4465
Chimiques	0,4123	0,0241	0,2041	0,5831	1,2236
Autres fabrication	0,1455	-0,0166	0,0104	0,3192	0,4585
Construction	0,2902	-0,0457	0,3641	-0,0512	0,5574
Transports	0,6541	-0,0125	0,3152	1,0573	2,0141
Transports par pipeline	0,2142	-0,0085	0,1451	1,6477	1,9985
Stockage et entreposage	0,2362	-0,0114	0,1108	0,001	0,3366
Communications	0,5485	-0,0375	0,0729	2,4445	3,0286
Autres services d'utilité publique	0,3465	-0,0121	0,2125	0,5167	1,0636
Commerce de gros	0,2895	-0,0133	0,3694	0,4729	1,1185
Commerce de détail	0,2563	-0,0251	0,3971	1,2291	1,8574
Secteur des entreprises	**0,3797**	**-0,0187**	**0,2223**	**0,6405**	**1,2239**

Nota : La demande exogène rend compte de la croissance du revenue domestique réel et de la population agrégée; les prix relatifs des intrants rendent compte de la croissance des prix relatifs des intrants; le capital public par tête d'habitant rend compte des effets combinés directs et indirects de la croissance du capital public; le progrès technique non incorporé, ou la croissance de la productivité multifactorielle ajustée (*PMF*), rend compte de l'effet du progrès technique exogène conçue comme la différence entre la mesure standard de la *PMF* (première colonne de ce tableau), et les composantes de la demande exogène, le prix relatif des intrants et le capital public.

Le fait que la variation du prix des intrants d'une branche d'activité excède ou non celle du niveau général des prix dans l'économie détermine le signe de la contribution des prix relatifs des intrants à la croissance de la productivité multifactorielle. L'inflation des prix des intrants dans une branche d'activité empêche la croissance de la productivité si elle excède le taux national d'inflation, mesuré par le dégonfleur du PIB. Comme le montre le tableau 8, la croissance des prix relatifs des intrants contribue négativement à la croissance de la productivité multifactorielle dans certaines branches d'activité, et positivement, dans de nombreuses autres. La grandeur de cet effet varie selon la branche d'activité, allant de -0,0166 pour les autres industries manufacturières à -0,0549 pour les industries des boissons. Cependant, comparativement à la contribution de la demande exogène, la contribution de la variation des prix relatifs des intrants à la croissance de la productivité multifactorielle est très faible.

La contribution du capital public à la croissance de la productivité multifactorielle est positive pour toutes les branches d'activité. Dans certains cas, cette contribution est assez importante, représentant plus des deux tiers de la croissance pour les branches de la construction, du transport et du commerce, mais en général, elle est assez modeste. Si l'on tient compte des effets de la demande, de la variation des prix relatifs des intrants et du capital public, le taux de progrès technique est nettement plus faible que celui calculé selon la méthode classique. En général, dans presque toutes les branches d'activité, les principaux contributeurs à la croissance de la productivité multifactorielle sont le progrès technique, les déplacements exogènes de la demande et le capital public.

2. Contribution du capital public au niveau du secteur des entreprises

Pour calculer l'élasticité moyenne des coûts agrégés de production par rapport au capital public du secteur des entreprises, nous pondérons les estimations calculées au niveau de la branche d'activité en prenant comme coefficient, pour chaque branche d'activité, sa part respective des coûts. Par exemple, nous définissons l'élasticité du coût de production par rapport au capital public de la branche d'activité i comme étant $\eta_{\tilde{C}G} = \left(\frac{\partial \tilde{C}_i}{\partial G}\right)\left(\frac{G}{\tilde{C}_i}\right)$. Nous obtenons l'élasticité « agrégée » du coût en utilisant l'expression

$$\eta_{\tilde{C}G} = \sum_i \eta_{\tilde{C}G_i} \left(\frac{\tilde{C}_i}{\sum_i \tilde{C}_i} \right). \tag{7}$$

Par conséquent, l'élasticité « agrégée » du coût est une moyenne, pondérée en fonction de la part des coûts, des élasticités du coût de production calculées pour chaque branche d'activité.

2.1 Élasticités du coût agrégé et de la production

Les élasticités du coût agrégé et de la production par rapport au stock de capital public, les élasticités d'échelle et les élasticités de la production par rapport aux intrants — travail, intrants intermédiaires et capital — sont présentées au bas des tableaux 5 à 7. Les mesures d'échelle présentées au tableau 5 pour le secteur des entreprises donnent à penser que le degré d'économie d'échelle des intrants privés est de 1,06, c'est-à-dire un degré modeste d'augmentation du rendement d'échelle. Cependant, la mesure totale des économies d'échelle est de 1,18 environ.

Elle reflète la contribution du capital public à titre d'intrant non payé dans la fonction de production.

L'élasticité agrégée des coûts $\overline{\eta}_{\tilde{C}G}$ et l'élasticité agrégée de la production $\overline{\eta}_{YG}$ présentées au tableau 5 peuvent l'une et l'autre mesurer l'effet du capital public sur la productivité. Ces élasticités donnent implicitement la réduction moyenne des coûts ou l'augmentation moyenne de la production due à une augmentation de l'investissement public. Par exemple, la grandeur de la productivité marginale du capital public $\overline{\eta}_{YG}$ donne à penser qu'une augmentation de 1 % du capital public cause une réduction moyenne des coûts d'environ 0,066 % pour le secteur des entreprises. La valeur de cette élasticité est nettement plus faible que les valeurs publiées dans la littérature. En particulier, nos résultats diffèrent fortement des estimations de l'élasticité publiées par Wylie (1996). Précisément, nos estimations des élasticités du coût et de la production par rapport à l'augmentation du capital public sont 8 fois plus faibles que les estimations de cet auteur pour le capital total des infrastructures, reflétant ainsi des différences méthodologiques et des sources de données.

Nos estimations des élasticités du coût et de la production peuvent être utilisées pour calculer le bénéfice marginal total d'une augmentation du capital public pour le secteur des entreprises. La somme des effets marginaux sur 37 branches d'activité est présentée au bas du tableau 7. Elle donne à penser qu'une augmentation de 1 % du capital public net génère un bénéfice total de 17 cents au niveau du secteur des entreprises.

Ces estimations du bénéfice total donnent une mesure des externalités positives du capital public, non compris les paiements au titre de la création et de l'exploitation de ce capital déjà faits par les producteurs. Ces paiements sont inclus dans nos données de base sous forme de dépenses au titre de l'impôt et des intrants intermédiaires, en tant que coûts des intrants. En outre, ces externalités positives du capital public n'incluent pas les bénéfices de ce dernier pour le secteur économique de la consommation, bénéfices qui peuvent être importants et dont il n'est pas tenu compte ici.

Comme nous l'avons mentionné plus haut, nous indiquons que le bénéfice marginal total du capital public est de 0,17. L'augmentation du capital public se traduit par une économie de travail et des intrants intermédiaires au niveau du secteur des entreprises, ainsi qu'au niveau de la branche d'activité. Autrement dit, une augmentation du capital public réduit la demande de travail et la consommation des intrants intermédiaires. En outre, elle a un effet fortement positif sur la demande de capital privé, ce qui signifie que ce dernier et le capital public sont complémentaires. L'investissement public suscite un « phénomène d'attraction » de capital privé. Ces conclusions tiennent, comme le montrent les données présentées au bas des tableaux 6a et 6b, que le niveau de production soit constant ou variable. En fait, l'effet de l'expansion induite de la production sur la demande des intrants est positif et assez important dans tous les cas. L'augmentation du capital public permet de réduire la consommation des intrants, comme le travail et les intrants intermédiaires, mais elle accroît aussi la demande d'investissement privé. Comme nous l'avons mentionné plus haut, ce scénario s'applique aussi au secteur des entreprises dans son ensemble.

Le bas du tableau 5 donne l'élasticité de la production par rapport au capital public. Une augmentation de 1 % du capital public donne lieu, en moyenne, à une augmentation de 0,066 % de la production totale sur la période de 1961 à 2000. Il est également important de souligner que l'élasticité de la production est de toute évidence plus grande par rapport au capital privé que par rapport au capital public[12]. Selon nos résultats, la contribution d'une augmentation de 1 % du stock de capital privé à la croissance du secteur des entreprises est égale à plus du double de la croissance résultant d'une augmentation identique du stock de capital public.

Cependant, il faut noter que l'élasticité de la production par rapport au capital public a diminué au fil du temps. Sa valeur moyenne, $\overline{\eta}_{\tilde{C}G}$, était assez forte durant la période antérieure à 1973, soit 0,15 environ, mais a diminué régulièrement par la suite. De 1981 à 2000, elle était d'environ 0,032; pour 2000, la valeur de $\overline{\eta}_{YG}$ est d'environ 0,019. La réduction de la valeur de $\overline{\eta}_{YG}$ durant cette période reflète, en grande partie, la diminution du ratio du capital public total au coût total et à la production totale du secteur des entreprises, c.-à-d. $\frac{G}{Y}$. En revanche, l'élasticité agrégée de la production par rapport au capital privé, $\overline{\eta}_{YK}$, est assez stable sur l'ensemble de la période de référence. Elle varie d'environ 0,16 à 0,18.

2.2 Décomposition de la croissance de la productivité multifactorielle agrégée

L'une des questions fondamentale du débat sur le rôle du capital public est celle de sa contribution à la croissance de la productivité multifactorielle agrégée et au ralentissement de cette croissance durant la période postérieure à 1973. Aschauer (1989), Munnell (1990a) et d'autres affirment que ce ralentissement tient principalement, voire exclusivement, à la diminution de la croissance de l'investissement dans les infrastructures. En revanche, Hulten et Schwab (1991), Gramlich (1994) et d'autres soutiennent que la contribution du capital public au ralentissement de la croissance de la productivité a été nulle ou minime.

Pour calculer les composantes de la croissance de la productivité au niveau du secteur des entreprises, nous agrégeons les valeurs correspondant à la ventilation selon la branche d'activité présentées au tableau 8 en prenant, pour chaque branche d'activité, la part de la production totale qui lui est attribuable comme coefficient de pondération pour calculer l'effet de la demande exogène, des prix relatifs, du stock de capital public et du progrès technique sur le taux de croissance de la productivité multifactorielle du secteur des entreprises du Canada entre 1961 et 2000.

Comme l'indique le tableau 9, la source principale de croissance de la productivité multifactorielle de 1961 à 2000 est le progrès technologique, qui explique environ 21 % de cette croissance durant la période. Vient ensuite la demande exogène. La contribution de la variation des prix des intrants est, quant à elle, inférieure à 2,1 %. Enfin, la contribution du capital public à la croissance de la productivité multifactorielle est d'environ 12 %. Ce profil persiste généralement pour les diverses sous-périodes, bien que la grandeur des taux fluctue. La

---

[12] Les élasticités par rapport au travail, au capital privé et à la consommation intermédiaire correspondent aux parts de la production totale qui reviennent à ces intrants. L'élasticité de la production par rapport aux intrants intermédiaires est la plus importante; viennent ensuite l'élasticité par rapport au travail puis par rapport au capital privé.

contribution du capital public à la croissance de la productivité multifactorielle a été forte durant la période qui a précédé 1981. Depuis, elle a nettement diminué.

Ces résultats contredisent ceux publiés par Wylie (1996) pour le Canada et par ceux qui pensent que la contribution des infrastructures est importante aux États-Unis. De surcroît, nos résultats diffèrent de ceux publiés par les auteurs qui estiment que le capital public n'augmente nullement le taux de croissance de la productivité. Selon notre analyse, la contribution du capital public se trouve à mi-chemin entre ces deux vues extrêmes.

Autrement dit, l'augmentation du stock de capital public contribue à la performance du secteur des entreprises. Cependant, la grandeur de l'effet sur la croissance de la production et de la productivité est modeste comparativement à celui de la demande exogène. La plupart de la contribution du capital public à la croissance de la productivité a eu lieu durant la période antérieure à 1973. Depuis 1981, la contribution du capital public à la tendance observée pour la productivité multifactorielle a été faible.

Tableau 9 — Décomposition de la croissance de la productivité multifactorielle agrégée

	Demande exogène	Prix relatifs des intrants	Capital Public	Progrès technique non incorporé	*PMF*
1961-2000	0,3797	-0,0137	0,2816	0,8015	1,4917
1961-1973	0,4132	-0,0187	0,2203	0,6872	1,3025
1973-1981	0,3519	-0,0296	0,2233	0,5654	1,1109
1981-1988	0,3318	-0,0129	0,1674	0,5053	0,9917
1988-2000	0,3798	-0,0186	0,2232	0,6399	1,2242

V. Conclusions

Le présent document est le deuxième d'une série qui porte sur la contribution du capital public à la productivité du secteur des entreprises. Comme la répétition est un élément clé du processus analytique, nous avons modifié de plusieurs façons l'analyse présentée par Harchaoui (1997).

L'objectif principal du présent article est d'analyser et de mesurer la contribution du capital public à la croissance de la productivité du secteur des entreprises. La méthode élaborée ici intègre explicitement les forces de la demande et de l'offre, y compris la contribution du capital public, susceptibles d'influencer la productivité. Nous estimons le modèle à l'aide de données désagrégées couvrant 37 branches d'activité durant la période allant de 1961 à 2000. Les données comprennent des mesures de la production brute, des intrants intermédiaires, du capital privé et du travail. Nous estimons aussi les fonctions de demande et d'offre (coût) pour chaque branche d'activité. Nous identifions les déterminants de la croissance de la productivité pour chaque branche d'activité, y compris la contribution du capital public, et nous mesurons spécifiquement le bénéfice marginal de l'utilisation du capital public pour chaque branche d'activité.

Il existe deux différences ente la présente étude et celle effectuée antérieurement (Harchaoui 1997) :

Premièrement, nous augmentons le nombre de branches d'activité observées et nous prolongeons la période de référence de façon à couvrir la période allant de 1992 à 2000. L'ensemble de données sur les 37 branches d'activité, qui représentent environ 70 % du secteur des entreprises du Canada, a été révisé considérablement et, en principe, nous permet de produire un nouvel ensemble d'estimations et de résultats. Deuxièmement, à l'aide d'une fonction de coût translog à rendement d'échelle non constant, nous tenons explicitement compte de l'interaction du capital public avec les intrants privés au niveau de la branche d'activité ainsi qu'au niveau macro-économique.

Pour produire des mesures agrégées pour la partie du secteur des entreprises pour laquelle on dispose de mesures fiables de la production, nous calculons la somme pondérée des élasticités par branche d'activité pour obtenir la valeur agrégée de l'élasticité pour le secteur des entreprises. À l'aide de ces estimations, nous décomposons la croissance de la productivité multifactorielle en ses diverses composantes.

Les résultats quantitatifs présentés dans le rapport sont résumés comme suit :

1. Selon notre analyse, il existerait un faible degré de rendement d'échelle croissant pour la plupart des branches d'activité et au niveau du secteur des entreprises. Les produits marginaux du travail, du capital et des intrants intermédiaires varient selon la branche d'activité. L'élasticité de la production par rapport aux intrants intermédiaires est en général la plus importante; viennent ensuite l'élasticité par rapport au travail et par rapport au capital. Fait plus important encore, tant au niveau de la branche d'activité que du secteur des entreprises, l'élasticité par rapport au capital privé est supérieure d'un facteur deux à l'élasticité par rapport du capital public sur toute la période de référence et d'un facteur d'environ quatre pour la période allant de 1981 à 2000. Ce résultat est très différent de ceux obtenus par Aschauer (1989) et par Fernald (1999) pour les États-Unis. Selon ces deux études, l'investissement d'un dollar public supplémentaire serait considérablement plus productif que l'investissement correspondant d'un dollar privé.

2. Le capital public contribue de façon significative à la croissance économique et à la productivité aussi bien au niveau de la branche d'activité que du secteur des entreprises dans son ensemble. Cette contribution varie selon la branche d'activité et au cours du temps. La grandeur de l'élasticité de la production par rapport au capital public au niveau agrégé est d'environ 0,0066, valeur nettement plus faible que les estimations comparables publiées par d'autres auteurs et un peu plus élevée que nos résultats antérieurs.

3. L'effet initial d'une augmentation du capital public sur la productivité consiste à réduire le coût total pour un niveau donné de production pour chaque branche d'activité, ainsi qu'au niveau agrégé. Cet effet sur la productivité induit une expansion de la production dans toutes les branches d'activité, laquelle, à son tour fait augmenter les coûts en suscitant une augmentation de la demande des intrants. Si l'on permet au niveau de production de varier, les gains de productivité attribuables au capital public compensent l'augmentation des coûts nécessitée par l'expansion de la production.

Le capital public a un effet significatif sur la demande de travail, la formation de capital privé et des intrants intermédiaires dans toutes les branches d'activité. L'importance de cet effet varie selon l'intrant dans une branche d'activité donnée et selon la branche d'activité. Étant donné un niveau de production, une augmentation du capital public entraîne une réduction de la demande de travail et des intrants intermédiaires, ainsi qu'une augmentation de la demande de capital privé dans toutes les branches d'activité. Ces résultats sont comparables à ceux présentés dans Harchaoui (1997). La direction des effets sur la demande de travail, de capital et des intrants intermédiaires reste la même que celle mentionnée antérieurement. Cependant, la grandeur des élasticités varie considérablement selon la branche d'activité.

4. Les bénéfices marginaux du capital public sont positifs pour toutes les branches d'activité. La valeur de ces bénéfices, que l'on peut interpréter comme une mesure de la « volonté de payer » des producteurs, varie considérablement selon la branche d'activité et au cours du temps. Nous constatons que la moyenne des bénéfices marginaux sur l'ensemble des branches d'activité est égale à environ 17 cents pour chaque dollar supplémentaire d'investissement public.

5. La contribution du capital public à la croissance de la productivité multifactorielle est positive pour toutes les branches d'activité. Nos résultats présentés dans la présente étude témoignent d'un effet plus profond sur la croissance de la productivité multifactorielle que ceux de notre étude antérieure. Cependant, l'importance de la contribution du capital public à la croissance de la productivité varie selon la branche d'activité. Au niveau agrégé, cette contribution représente environ 12 % de la croissance totale. Comparativement aux estimations publiées dans la littérature, ce chiffre est assez faible, quoique significatif. La décomposition de la croissance de la productivité multifactorielle confirme la conclusion tirée par Harchaoui (1997), c'est-à-dire que les facteurs principaux de la croissance de la productivité au niveau tant de la branche d'activité que du secteur des entreprises dans son ensemble sont le progrès technique et la demande exogène (représentant l'effet de la croissance du revenu agrégé et de la population), suivis, en troisième position par le capital public.

6. La présente étude porte principalement sur ce qu'on appelle le capital des infrastructures publiques. Alors que les chiffres publiés dans cette étude sont des estimations ponctuelles qui font l'objet d'incertitude, ils se trouvent à l'intérieur d'intervalles de confiance raisonnablement étroits. De futurs travaux viseront à quantifier l'effet de l'ensemble du capital public, qui englobe les secteurs de la santé et de l'éducation, sur les estimations des bénéfices marginaux du capital public et d'autres indicateurs de performance économique présentées dans le document.

   À l'avenir, notre travail consistera à examiner la sensibilité de nos résultats à des spécifications alternatives ainsi que la construction d'intervalles de confiance sur la contribution du capital public et des autres composantes à la croissance de la productivité multifactorielle.

Annexe — Décomposition de la productivité multifactorielle

Supposons que la fonction de production d'une branche d'activité est donnée par

$$Y = F(X,G,t), \qquad (A.1)$$

où Y représente la production de la branche d'activité, X représente un vecteur à n dimensions des intrants privés, G représente le capital public et t représente le niveau de technologie non incorporée. La mesure classique de la croissance de la productivité multifactorielle est donnée par

$$P\dot{M}F = \dot{Y} - \sum_{f=1}^{F} \pi_f \dot{X}_f \qquad (A.2)$$

où le point indique un taux de croissance, par exemple, $\dot{Y} = \frac{\partial Y}{\partial t}\frac{1}{Y}$; et $\pi_f = \frac{w_f X_f}{P_y Y}$ représente la part du *fième* intrant privé dans le revenu total.

En différenciant (A.1) par rapport au temps, puis en divisant le résultat par la production, nous obtenons

$$\dot{Y} = \sum_{f=1}^{F} \frac{\partial F}{\partial X_f}\frac{X_f}{Y}\dot{X}_f + \frac{\partial F}{\partial G}\frac{G}{Y}\dot{G} + \frac{1}{Y}\frac{\partial F}{\partial t}. \qquad (A.3)$$

En émettant l'hypothèse de minimisation du coût de tous les intrants, y compris le capital public, et en représentant par w_f le prix du *fième* intrant privé et par z, le prix fictif du capital public G, nous obtenons les conditions de premier ordre suivantes :

$$\frac{\partial F}{\partial X_f} = \frac{w_f}{\mu} \text{ et } \frac{\partial F}{\partial G} = \frac{z}{\mu}, \qquad (A.4)$$

où μ est le multiplicateur de Lagrange, avec les conditions de l'enveloppe

$$\frac{\partial C^*}{\partial Y} = \mu \text{ et } -\frac{\partial C^*}{\partial t} = \mu\frac{\partial F}{\partial t}, \qquad (A.5)$$

où $C^* = \sum_{f=1}^{F} w_f X_f + zG = C^*(Y,w,z,t)$ représente la fonction totale de coût, y compris le prix fictif du capital public. Si nous éliminons μ de (A.4) et (A.5) et que nous introduisons (A.4) et (A.5) dans (A.3) par substitution, nous obtenons :

$$\dot{Y} = \sum_{f=1}^{F} \frac{w_f X_f}{\left(\frac{\partial C^*}{\partial Y}\right)Y}\dot{X}_f + \frac{zG}{\left(\frac{\partial C^*}{\partial Y}\right)Y}\dot{G} + \frac{\left(-\frac{\partial C^*}{\partial Y}\right)}{\left(\frac{\partial C^*}{\partial Y}\right)Y}. \qquad (A.6)$$

Toutefois, les entreprises ne rajustent pas les stocks de capital public — ceux-ci sont fixés de façon exogène. Ce que l'on observe en réalité est la minimisation du coût de production privé par les entreprises, conditionnellement à la fonction de production (A.1). Supposons que le coût privé optimal de production, étant donné le niveau de production et le capital public, est donné par $C = \sum_{f=1}^{F} w_f X_f = C(Y, w, G, t)$. Alors, à l'optimum, le bénéfice marginal d'une augmentation du capital public sera donné par

$$-\frac{\partial C}{\partial G} = z. \qquad \text{(A.7)}$$

Il n'est pas difficile de montrer, en se servant de la statique comparative, que l'élasticité du coût total, η^*, est donnée par

$$\eta^* = \frac{\partial \ell n C^*}{\partial \ell n Y} = \frac{\left(\frac{\partial \ell n C}{\partial \ell n Y}\right)}{B} = \frac{\eta}{B},$$

où $B = 1 - \frac{\partial \ell n C}{\partial \ell n G} = 1 - \eta_{CG}$ et η_{CG} représentent l'élasticité des coûts privés par rapport au capital public et η représente l'élasticité des coûts privés. La diminution des coûts due au progrès technique est $\dot{T} = \frac{\partial \ell n C^*}{\partial t} = \frac{\left(\frac{\partial \ell n C}{\partial t}\right)}{B}$.

À l'instar de Caves et coll. (1981), nous définissons le rendement total d'échelle de la fonction de production comme étant l'augmentation proportionnelle de la production due à une augmentation équiproportionnelle de tous les intrants (privés et publics, en maintenant la technologie constante) et est donnée par l'inverse de η^*. Le rendement d'échelle privé, c'est-à-dire l'augmentation proportionnelle de la production due à une augmentation équiproportionnelle des intrants privés, en maintenant les intrants publics et la technologie constants, est donné par l'inverse de η. Donc, nous identifions deux effets d'échelle dans notre étude, l'un interne et l'autre total, qui correspond à la somme des effets internes et externes d'échelle. En introduisant (A.7) par substitution dans (A.6), puis dans (A.2), nous obtenons

$$P\dot{M}F = \left(\frac{\kappa - \eta^*}{\kappa}\right)\dot{Y} - \frac{1}{\kappa B}\eta_{CG}\dot{G} - \frac{1}{\kappa B}\dot{T}, \qquad \text{(A.8)}$$

où $\kappa = \frac{P_y Y}{C^*} = \frac{P_y}{\left(\frac{C^*}{Y}\right)}$ représente le ratio du prix des produits, P_y, au coût total moyen, $\frac{C^*}{Y}$.

D'après l'équation (A.8), la croissance de la productivité multifactorielle est décomposée en ces trois composantes : un effet d'échelle brut total donné par le premier terme, un effet du stock de capital public donné par le deuxième terme et un effet du progrès technique donné par le dernier terme.

L'étape suivante consiste à décomposer l'effet d'échelle. Nous supposons que le prix des produits est relié au coût marginal privé de la façon suivante :

$$P_y = (1+\theta)\frac{\partial C}{\partial Y},$$

où θ est une marge sur coût marginal. La marge dépend de l'élasticité de la demande et des variations conjecturales des entreprises au sein d'une branche d'activité.

Partant de la définition de l'élasticité de la production, η, ainsi que de la fonction de coût privé, nous obtenons

$$P_y = (1+\theta)\eta\frac{C}{Y}, \tag{A.9}$$

Après avoir différencié (A.9) en fonction du temps, la règle d'établissement des prix implique que

$$\dot{P}_y = (1\dot{+}\theta) + \dot{\eta} + \dot{C} - \dot{Y}. \tag{A.10}$$

En différenciant la fonction de coût privé par rapport au temps et en utilisant le lemme de Shephard, nous obtenons

$$\dot{C} = \eta\dot{Y} + \sum\nolimits_{f=1}^{F} \hat{\pi}_f \dot{w}_f + \eta_{CG}\dot{G} + \dot{T}, \tag{A.11}$$

où $\hat{\pi}_f = \frac{w_f X_f}{\sum_f w_f X_f}$ représente la part, du *fième* intrant dans le coût privé, C.

Afin d'obtenir l'équilibre de croissance de la production, nous supposons une fonction loglinéaire de demande sous forme de taux de croissance :

$$\dot{Y} = \lambda + \alpha\left(\dot{P}_y - \dot{P}_D\right) + \beta\dot{Z} + (1-\beta)\dot{N}, \tag{A.12}$$

où Z et N représentent le revenu agrégé et la population réels, respectivement, λ reflète une tendance temporelle de la demande et P_D représente le dégonfleur du PIB. En introduisant (A.11) dans (A.10) par substitution, puis le résultat dans (A.12), nous obtenons la fonction de la forme réduite pour le taux de croissance de la productivité multifactorielle :

$$\begin{aligned} P\dot{M}F = {} & A[\alpha\dot{\eta} + \alpha(1+\theta)] + A\alpha\left[\sum_f\left(\tilde{\pi}\dot{w}_f - \dot{P}_D\right)\right] + A\left[\lambda + \beta\dot{Z} + (1-\beta)\dot{N}\right] \\ & + \left(A\alpha - \frac{1}{\kappa B}\right)\eta_{CG}\dot{G} + \left(A\alpha - \frac{1}{\kappa B}\right)\dot{T}. \end{aligned} \tag{A.13}$$

Bibliographie

Aschauer, D.A. 1989. « Is Public Expenditure Productive? » *Journal of Monetary Economics* 23: 177-200.

Berndt, E.R. et B. Hansson. 1992. « Measuring the Contribution of Public Infrastructure Capital in Sweden ». *Scandinavian Journal of Economics* 94: 151-68.

Caves, D.W., L.R. Christensen et J.A. Swanson. 1981. « Productivity Growth, Scale of Economics, and Capacity Utilization in U.S. Railroads, 1955-1974 ». *AER 71*: 994-1002.

Conrad, K. et H. Seitz. 1994. « The Economic Benefits of Public Infrastructure ». *Applied Economics* 26: 303-311.

Demetriades, P.O. et T.P. Mamuneas. 2000. « Intertemporal Output and Employment Effects of Public Infrastructure Capital: Evidence from 12 OECD Economies ». *The Economic Journal* 100: 687-712.

Deno, K.T. 1988. « The Effect of Public Capital on U.S. Manufacturing Activity: 1970 to 1978 ». *Southern Economic Journal* 55: 400-411.

Fernald, J. 1999. « Roads to Prosperity? Assessing the Link Between Public Capital and Productivity ». *American Economic Review 89*: 619-38.

Gramlich, E.M. 1994. « Infrastructure Investment: A Review Essay ». *Journal of Economic Literature*. 32, 1176-1196.

Gu, W., Kaci, M., J.-P. Maynard et M. Sillamaa. 2003. « Changement de la composition de la population active canadienne et son influence sur la croissance de la productivité ». Dans Baldwin, J.R. et Harchaoui, T.M. (eds.): *Croissance de la productivité au Canada - 2002*, N° 15-204-XPF au catalogue. Direction des études analytiques. Ottawa : Statistique Canada.

Harchaoui, T.M. 1997. « Le capital public au Canada: évolution historique et externalités », dans Gouriéroux C. et C. Montmarquette (eds.): *Économétrie appliquée*, Economica, Paris.

Harchaoui, T.M., et F. Tarkhani. 2003. « Une révision complète de la méthode d'estimation de l'intrant capital pour le programme de la productivité multifactorielle de Statistique Canada ». Dans Baldwin, J.R. et Harchaoui, T.M. (eds.): *Croissance de la productivité au Canada - 2002*, N° 15-204-XPF au catalogue. Direction des études analytiques. Ottawa : Statistique Canada.

Harchaoui, T.M., F. Tarkhani et P. Warren. 2003. *L'infrastructure publique au Canada : Où en sommes-nous et sur quoi devrions-nous nous concentrer?* Aperçus sur l'économie canadienne. N° 11-624-MIF2003005 Direction des études analytiques. Ottawa : Statistique Canada.

Hulten, C.R. 1990. « Infrastructure: Productivity Growth and Competitiveness ». *Committee on Banking, Finance and Urban Affairs*, Serial No. 101-117.



